

CLASS - XI & XII

NCERT

EXEMPLAR

QUESTION & SOLUTION BANK

PHYSICS || CHEMISTRY || BIOLOGY

Chief Editor

A.K. Mahajan

Computer Graphics By

Balkrishna Tripathi & Ashish Giri

Editorial Office

12, Church Lane Prayagraj-211002

 **Mob. : 9415650134**

Email : yctap12@gmail.com

website : www.yctbooks.com/ www.yctfastbooks.com

© All Rights Reserved with Publisher

Publisher Declaration

Edited and Published by A.K. Mahajan for YCT Publications Pvt. Ltd.

and printed by Om Sai Offset. In order to Publish the book,

full care has been taken by the Editor and the Publisher,

still your suggestions and queries are welcomed.

Rs. : 595/-

In the event of any dispute, the judicial area will be Prayagraj.

Index

Physics

Class- XI

■	Units and Measurements.....	5-7
■	Motion in Straight Line	7-8
■	Motion in a plane	8-10
■	Laws of Motion	10-13
■	Work, Energy and Power.....	13-18
■	System of Particles and Rotational Motion	18-19
■	Gravitation	19-22
■	Mechanical Properties of solids	22-25
■	Mechanical Properties of Fluids	25-26
■	Thermal Properties of Matter	26-28
■	Thermodynamics	28-30
■	Kinetic Theory	30-32
■	Oscillations	33-35
■	Waves.....	36-38

Class -XII

■	Electric Charges and Fields-.....	38-40
■	Electrostatics Potential and Capacitance.....	40-42
■	Current Electricity	42-44
■	Moving Charges and Magnetism	44-45
■	Magnetism and Matter.....	46-47
■	Electromagnetic Induction	47-48
■	Alternating Current	48-50
■	Electromagnetic Waves	50-52
■	Ray Optics and Optical Instruments	52-55
■	Wave Optics	55-56
■	Dual Nature of Radiation and Matter.....	57-58
■	Atoms	59-60
■	Nuclei	60-62
■	Semiconductor Electronics: Materials, Devices and Simple Circuits	62-63

Chemistry

Class XI

■ Some basic Concepts of Chemistry	64-66
■ Structure of Atom.....	66-69
■ Classification of Elements and Periodicity in Properties	69-71
■ Chemical Bonding & Molecular Structure	71-74
■ States of Matter	74-77
■ Thermodynamics	77-80
■ Equilibrium	80-85
■ Redox Reactions	85-88
■ Hydrogen	88-90
■ The s-Block Elements	90-92
■ The p-Block Elements	93-95
■ Organic Chemistry -Some Basic Principles and Techniques	95-97
■ Hydrocarbons	97-99
■ Environmental Chemistry	99-101

Class XII

■ The Solid State.....	101-106
■ Solutions	106-110
■ Electrochemistry.....	110-113
■ Chemical Kinetics.....	113-117
■ Surface Chemistry.....	117-121
■ General Principles and Processes of Isolation of Elements	121-124
■ The p-Block Elements	124-129
■ The d-and f- Block Elements	129-132
■ Coordination Compounds.....	132-135
■ Haloalkanes and Haloarenes	135-142
■ Alcohols, Phenols and Ethers	142-145
■ Aldehydes, Ketones and Carboxylic Acids.....	145-147
■ Amines	147-152
■ Biomolecules	152-157
■ Polymers	157-158
■ Chemistry in Everyday Life	158-160

Biology

Class-XI

UNIT I : DIVERSITY IN THE LIVING WORLD

■ The Living World.....	161-162
■ Biological Classification.....	163-165
■ Plant Kingdom	165-167
■ Animal Kingdom.....	167-169

UNIT II STRUCTURAL ORGANISATION IN PLANTS AND ANIMALS

■ Morphology of Flowering Plants	170-171
■ Anatomy of Flowering Plants.....	171-175
■ Structural Organisation in Animals.....	175-177

UNIT III : CELL : STRUCTURE AND FUNCTIONS

■ Cell: The Unit of Life.....	177-179
■ Bio Molecules.....	180-182
■ Cell Cycle and Cell Division.....	182-184

UNIT IV: PLANT PHYSIOLOGY

■ Transport in Plants	184-186
■ Mineral Nutrition.....	186-188
■ Photosynthesis in Higher Plants	188-191
■ Respiration in Plants.....	191-193
■ Plant Growth and Development	193-195

UNIT V: HUMAN PHYSIOLOGY

■ Digestion and Absorption.....	195-197
■ Breathing and Exchange of Gases	197-200
■ Body Fluids and Circulation	200-204
■ Excretory Products and their Elimination	204-207
■ Locomotion and Movement.....	207-210
■ Neural Control and Coordination	210-212
■ Chemical Coordination and Integration.....	212-214

Class-XII

UNIT VI : REPRODUCTION

■ Reproduction in Organisms	214-218
■ Sexual Reproduction in Flowering Plants.....	218-222
■ Human Reproduction	223-227
■ Reproductive Health.....	227-230

UNIT VII : GENETICS AND EVOLUTION

■ Principles of Inheritance and Variation.....	230-233
■ Molecular Basis of Inheritance	233-238
■ Evolution.....	238-242

UNIT VIII: BIOLOGY IN HUMAN WELFARE

■ Human Health and Disease	242-245
■ Strategies for Enhancement in Food Production	246-250
■ Microbes in Human Welfare.....	250-253

UNIT IX: BIOTECHNOLOGY

■ Biotechnology: Principles and Processes	253-257
■ Biotechnology and its Applications	257-259

UNIT X : ECOLOGY

■ Organisms and Populations	259-263
■ Ecosystem:	263-266
■ Biodiversity and Conservation.....	266-269
■ Environmental Issues.....	269-272

Physics

1. Unit and Measurements

1. The number of significant figures in 0.06900 is 0.06900 में सार्थक अंकों की संख्या है-

- (a) 5 (b) 4
(c) 2 (d) 3

Ans. (b) : "The significant figures of a given number are those significant or important digits which convey the meaning according to its accuracy."

Given data : 0.06900

Since, we know that, all the zeros that are on the right side of the last non-zero digit, after the decimal point are significant thus, number of significant figures in 0.06900 is 4

2. The sum of the numbers 436.32, 227.2 and 0.301 in appropriate significant figures is 436.32, 227.2 एवं 0.301 संख्याओं का योग उपर्युक्त सार्थक अंकों में है-

- (a) 663.821 (b) 664
(c) 663.8 (d) 663.82

Ans. (c) : Given numbers : 436.32, 227.2 and 0.301
Sum of these numbers = 663.821

∴ The number after 8 is 2 (which is less than 5), then we have to exclude all the numbers present on the right side for rounding off digit.

Thus, appropriate significant figures is = 663.8

3. The mass and volume of a body are 4.237 g and 2.5 cm³, respectively. The density of the material of the body in correct significant figures is/एक पिंड का द्रव्यमान और आयतन क्रमशः 4.237 g एवं 2.5 cm³ है। इस पिंड के पदार्थ के घनत्व का सही सार्थक अंकों में मान है-

- (a) 16948 g cm⁻³ (b) 1.69 g cm⁻³
(c) 1.7 g cm⁻³ (d) 1.695 g cm⁻³

Ans. (c) : Given, Mass (m) = 4.237g
Volume (V) = 2.5 cm³

Then density (ρ) = $\frac{\text{mass}}{\text{volume}}$

$$\rho = \frac{4.237\text{g}}{2.5\text{cm}^3}$$

$$\rho = 1.6948 \text{ g cm}^{-3}$$

As per rules, the result of division will have two significant figures.

$$\text{Density } (\rho) = 1.7\text{gcm}^{-3}$$

4. The numbers 2.745 and 2.735 on rounding off to 3 significant figures will give/यदि 2.745 एवं 2.735 संख्याओं को 3 सार्थक अंकों तक पूर्णांकित कर व्यक्त किया जाए तो प्राप्त संख्याएँ होंगी-

- (a) 2.75 and 2.74 (b) 2.74 and 2.73
(c) 2.75 and 2.73 (d) 2.74 and 2.74

Ans. (d) : We have to round off 2.745 to 3 significant figures. Here the digit to be dropped is 5 then the previous digit is left unchanged if it is even. Hence, on rounding of 2.745 it would be 2.74.

• Next 2.735 where the digit to be dropped is 5 then the preceding digit is raised by one if it is add.

Hence, on rounding off 2.735 to 3 significant figure, it would be 2.74.

5. The length and breadth of a rectangular sheet are 16.2 cm and 10.1 cm, respectively. The area of the sheet in appropriate significant figures and error is/एक आयताकार शीट की लंबाई एवं चौड़ाई 16.2 cm और 10.1 cm है। उपर्युक्त सार्थक अंकों में और उपर्युक्त त्रुटि के उल्लेख के साथ शीट का क्षेत्रफल होगा-

- (a) $164 \pm 3 \text{ cm}^2$ (b) $163.62 \pm 2.6 \text{ cm}^2$
(c) 163.6 cm^2 (d) $163.62 \pm 3 \text{ cm}^2$

Ans. (a) : Step 1 : Find the area of rectangular sheet
Formula used : $A = l \times b$

Given : Length of sheet (l) = 16.2 cm

Breadth of sheet (b) = 10.1 cm

Then, Area (A) = $l \times b$

$$A = 16.2 \times 10.1$$

$$A = 163.62 \text{ cm}^2$$

Step 2 : Find the error in area of rectangular sheet.

Error in product of quantities:

Suppose $x = a \times b$

Let Δa = absolute error in measurement of a.

Δb = absolute error in measurement of b,

Δx = absolute error in x.

The maximum fractional error in x is

$$\frac{\Delta x}{x} = \pm \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right)$$

According to the question,

Length (l) = $(16.2 \pm 0.1)\text{cm}$

Breadth (b) = $(10.1 \pm 0.1)\text{cm}$.

$$\text{Area } (A) = 163.62 \text{ cm}^2$$

As per rule, area will have only three significant figures and error will have only one significant figure.

Thus, $A = 164 \text{ cm}^2$.

If ΔA is error in the area, the relative error is $\frac{\Delta A}{A}$

$$\text{Therefore, } \frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta b}{b}$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{0.1\text{cm}}{16.2\text{cm}} + \frac{0.1\text{cm}}{10.1\text{cm}}$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{1.01 + 1.62}{16.2 \times 10.1} = \frac{2.63}{163.62}$$

$$\Delta A = A \times \frac{2.63}{163.62}$$

$$\Rightarrow \Delta A = 163.62 \times \frac{2.63}{163.62} = 2.63\text{cm}^2$$

$\Rightarrow \Delta A = 3 \text{ cm}^2$ (by rounding off to one significant figure)

Hence, Area of rectangular sheet in significant figure & error is given by : $A = (164 \pm 3) \text{ cm}^2$

6. Which of the following pairs of physical quantities does not have same dimensional formula?/भौतिक राशियों के निम्नलिखित जोड़ों में से किस जोड़े का विमीय सूत्र समान नहीं है?–

- (a) Work and torque./कार्य और बल-आघूर्ण
 (b) Angular momentum and Planck's constant./कोणीय संवेग और प्लॉक नियतांक
 (c) Tension and surface tension./तनाव और पृष्ठ तनाव
 (d) Impulse and linear momentum./आवेग और रेखीय संवेग

Ans. (c) : ∴ Tension, $F = ma$
 Dimensional formula for tension,
 $= [M^1] [L^1 T^{-2}] = [M^1 L^1 T^{-2}]$
 Surface tension, $T = \frac{F}{L}$
 Dimensional formula for surface tension,
 $= \frac{[M^1 L^1 T^{-2}]}{[L]} = [M^1 L^0 T^{-2}]$
 Hence, Tension and surface Tension does not have same dimensional formula.

7. Measure of two quantities along with the precision of respective measuring instrument is $A = 2.5 \text{ m s}^{-1} \pm 0.5 \text{ m s}^{-1}$, $B = 0.10 \text{ s} \pm 0.01 \text{ s}$ The value of AB will be/दो राशियों की माप, उनको मापने में प्रयुक्त हुए माप यंत्रों की परिशुद्धता के साथ व्यक्त करते हुए हैं–

- A B का मान होगा
 (a) $(0.25 \pm 0.08) \text{ m}$
 (b) $(0.25 \pm 0.5) \text{ m}$
 (c) $(0.25 \pm 0.05) \text{ m}$
 (d) $(0.25 \pm 0.135) \text{ m}$

Ans. (a) : Step 1 : Calculate the value of AB.
 Given $A = 2.5 \text{ m/s} \pm 0.5 \text{ m/s}$
 $B = 0.10 \text{ s} \pm 0.01 \text{ s}$
 $\Rightarrow AB = (2.5)(0.10)$
 $AB = 0.25 \text{ m}$
Step 2 : Find the error in the value AB.
 Formula used : $\frac{\Delta AB}{AB} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$
 Given, $\Delta A = 0.5 \text{ m/s}$
 $\Delta B = 0.01 \text{ s}$
 $\frac{\Delta AB}{AB} = \frac{0.5}{2.5} + \frac{0.01}{0.1} = \frac{0.075}{0.25}$
 $\Delta AB = \frac{0.75}{0.25} \times AB$
 $\Delta AB = \frac{0.75}{0.25} \times 0.25$
 $\Delta AB = 0.075$
 Rounding of two significant figures.
 $\Delta AB = 0.08 \text{ m}$
 $AB = (0.25 \pm 0.08) \text{ m}$

8. We measure two quantities as $A = 1.0 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$, $B = 2.0 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$. We should report correct value for \sqrt{AB} as

दो राशियों को माप कर आप उनका मान $A = 1.0 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$, $B = 2.0 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$ प्राप्त करते हैं। \sqrt{AB} का सही मान होगा–

- (a) $1.4 \text{ m} \pm 0.4 \text{ m}$ (b) $1.41 \text{ m} \pm 0.15 \text{ m}$
 (c) $1.4 \text{ m} \pm 0.3 \text{ m}$ (d) $1.4 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$

Ans. (d) : Calculate the value of \sqrt{AB} :
 Given, $A = 1.0 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$
 $\& B = 2.0 \pm 0.2 \text{ m}$
 So, $\sqrt{AB} = \sqrt{(1.0)(2.0)}$
 $\sqrt{AB} = 1.414 \text{ m}$
 Now, Error in the value AB :
 Formula used : $\frac{\Delta \sqrt{AB}}{\sqrt{AB}} = \frac{1}{2} \frac{\Delta A}{A} + \frac{1}{2} \frac{\Delta B}{B}$
 Given, $\Delta A = 0.2 \text{ m} \& \Delta B = 0.2 \text{ m}$
 Then, $\frac{\Delta \sqrt{AB}}{1.4} = \frac{1(0.2)}{2(1)} + \frac{1(0.2)}{2(2)}$
 $\Delta \sqrt{AB} = 0.21$
 Rounding of one significant figure,
 $\Delta \sqrt{AB} = 0.2 \text{ m}$
 Hence, $\sqrt{AB} = 1.4 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$.

9. Which of the following measurement is most precise?

- निम्नलिखित में कौन-सा मान सर्वाधिक परिशुद्ध है?
 (a) 5.00 mm (b) 5.00 cm
 (c) 5.00 m (d) 5.00 km

Ans. (a) : ∴ Smallest the unit more precise is the measurement.
 So, 5.00 mm is smallest unit of measurement of length so the precision will be more.
 Hence, (a) is correct answer.

10. The mean length of an object is 5 cm. Which of the following measurements is most accurate? किसी पिंड की औसत लंबाई 5 cm है। निम्नलिखित में कौन-सा माप सर्वाधिक यथार्थ है?

- (a) 4.9 cm (b) 4.805 cm
 (c) 5.25 cm (d) 5.4 cm

Ans. (a) : We know that accuracy is the closeness of the measured value with the true value.
 More close value of measurement with the true value more is the accuracy of the measurement
 So, $\Delta L = 5 - 4.9 = 0.1 \text{ cm}$
 $\Delta L = 5 - 4.805 = 0.195 \text{ cm}$
 $\Delta L = 5.25 - 5 = 0.25 \text{ cm}$
 $\Delta L = 5.4 - 5 = 0.4 \text{ cm}$
 We can see that 4.9 cm is more close to 5 cm.
 Hence more accurate.

11. Young's modulus of steel is $1.9 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$. When they expressed in CGS units of dynes cm^{-2} . It will be equal to (1 N = 10^5 dyne, $1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$)
 स्टील का यंग प्रत्यास्था गुणांक $1.9 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ है। यदि इसे CGS मात्रकों, डाइन प्रति सेंटीमीटर में व्यक्त किया जाए तो इसका मान होगा–

- (a) 1.9×10^{10} (b) 1.9×10^{11}
 (c) 1.9×10^{12} (d) 1.9×10^{13}

Ans. (c) : Given, young's modulus (y) = 1.9×10^{11} N/m²
 As we know that, 1 N = 10^5 dyne
 1 metre = 10^2 cm
 So, converting the value to CGS we get.
 $y = \frac{1.9 \times 10^{11} \times 10^5}{(10^2)^2 \text{ cm}^2} = 1.9 \times 10^{11+5-4}$
 $\Rightarrow y = 1.9 \times 10^{12}$ dyne/cm²

12. If momentum (P), area (A) and time (T) are taken to be fundamental quantities, then energy has the dimensional formula

यदि संवेग (P), क्षेत्रफल (A) एवं समय (T) को मूल राशियाँ मान लें तो ऊर्जा का विमीय सूत्र होगा—

- (a) $[p^1 A^{-1} t^{-1}]$ (b) $[p^2 A^1 t^1]$
 (c) $[p^1 A^{-1/2} t^1]$ (d) $[p^1 A^{1/2} t^{-1}]$

Ans. (d) : Let, energy $E = K P^a A^b T^c$... (i)

Where, K is dimensionless constant of proportionality.

P = momentum

A = Area

T = time.

On equating dimension both side in eqⁿ(1) we get

$$[ML^2T^{-2}] = [MLT^{-1}]^a [M^0L^2T^0]^b [M^0L^0T]^c$$

$$= [M^a L^{a+2b} T^{-a+c}]$$

Applying the principle of homogeneity of dimensions.

We get,

$$a = 1 \quad \dots \text{(ii)}$$

$$a + 2b = 2 \quad \dots \text{(iii)}$$

$$-a + c = -2 \quad \dots \text{(iv)}$$

On solving equations, (ii), (iii) and (iv).

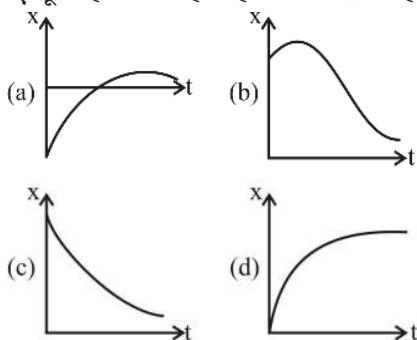
We get, $a = 1$, $b = \frac{1}{2}$, $c = -1$

\therefore Dimensional formula of energy $[E] = [P^1 A^{1/2} T^{-1}]$

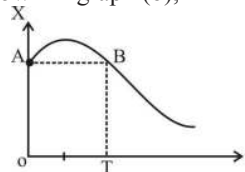
$$[E] = [p^1 A^{1/2} t^{-1}]$$

2. Motion in Straight Line

13. Among the four graphs, there is only one graph for which average velocity over the time interval (0, T) can vanish for a suitably chosen T. Which one is it?/दिए गए ग्राफों में केवल एक ग्राफ ऐसा है जिसमें समय अंतराल (0, T) के लिए औसत वेग, एक उपयुक्त रूप से चुने गए समय T के लिए शून्य हो सकता है। यह कौन-सा ग्राफ है?



Ans. (b): As shown in graph (b),



$$\text{Average velocity} = \frac{\text{Displacement}}{\text{Time taken}}$$

\therefore In above graph, the first slope is decreasing that means particle is going in one direction and its velocity decreases, become zero at highest point of the curve and then increasing in backward direction. Hence the particle returns to its initial position. So, for one value of displacement, there are two different points of time and we know that the slope of $x, x-t$ graph gives us the average velocity. Hence, for one time, slope is positive and for other time, slope is negative. As there are opposite slope so a positive average velocity in the interval 0 to T. Hence average velocity can only vanish.

14. A lift is coming from 8th floor and is just about to reach 4th floor. Taking ground floor as origin and positive direction upwards for all quantities, which one of the following is correct?/एक लिफ्ट आठवीं मंजिल से नीचे आ रही है और चौथी मंजिल पर पहुँचने वाली है। यदि सभी राशियों के लिए भूतल को मूल बिंदु तथा ऊपर की ओर धनात्मक दिशा लें तो निम्नलिखित में कौन-सा सही है?

- (a) $x < 0, v < 0, a > 0$
 (b) $x > 0, v < 0, a < 0$
 (c) $x > 0, v < 0, a > 0$
 (d) $x > 0, v > 0, a < 0$

Ans. (a) : Given ; the lift is coming down from 8th floor to 4th floor and we have chosen downward as negative, Therefore, displacement is negative i.e, $x < 0$

So, direction of velocity we have chosen down wards as negative ($v < 0$)

\therefore Before reaching 4th floor lift is retarded i.e. acceleration is upwards.

Thus, $a > 0$

Hence $x < 0, v < 0$ and $a > 0$

15. In one dimensional motion, instantaneous speed v satisfies the condition $0 \leq v < v_0$. एकविमीय गति में, तात्क्षणिक चाल v के लिए शर्त $0 \leq v < v_0$ पूरी होती है तो

- (a) The displacement in time T must always take non-negative values.
 T समय में विस्थापन का मान कभी ऋणात्मक नहीं होता।
 (b) The displacement x in time T satisfies.
 $-v_0 T < x < v_0 T$.
 T समय में विस्थापन x के लिए $-v_0 T < x < v_0 T$ होता।
 (c) The acceleration is always a non-negative number./त्वरण कभी ऋणात्मक नहीं होता।
 (d) The motion has no turning points.
 गति की दिशा में कभी परिवर्तन नहीं होता।

Ans. (b): By definition, instantaneous velocity $v = \frac{dx}{dt}$

Where, x = displacement

t = time

$$\Rightarrow dx = v dt$$

$$\Rightarrow x(0) = v_0(T - 0)$$

$$\Rightarrow x = v_0 T$$

Now, if velocity is positive

Then $x = +v_0 T$, Maximum displacement = $v_0 T$

But if velocity is negative

Then $x = -v_0 T$, maximum displacement = $-v_0 T$

Hence, the displacement x in time T satisfies.

16. A vehicle travels half the distance L with speed v_1 and the other half with speed v_2 , then its average speed is/ एक वाहन आधी दूरी L को v_1 से तथा शेष आधी दूरी को चाल v_2 से तय करता है। इसकी औसत चाल है—

(a) $\frac{v_1 + v_2}{2}$

(b) $\frac{2v_1 + v_2}{v_1 + v_2}$

(c) $\frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}$

(d) $\frac{L(v_1 + v_2)}{v_1 v_2}$

Ans. (c) : Total distance = L

\therefore Velocity of first half $\frac{1}{2}$ distance = v_1

Velocity of next half $\frac{1}{2}$ distance = v_2

Average speed = $\frac{\text{Total distance traveled}}{\text{Total time taken}}$

$$\Rightarrow \text{Avg. speed} = \frac{L}{\frac{L}{2v_1} + \frac{L}{2v_2}}$$

$$\Rightarrow \text{Avg. speed} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}$$

17. The displacement of a particle is given by $x = (t - 2)^2$ where x is in meters and t is in seconds. The distance covered by the particle in first 4 seconds is

किसी कण का विस्थापन $x = (t - 2)^2$ निरूपित किया जाता है। जहाँ x मीटर में तथा t सेकंड में मापा गया है—

(a) 4 m

(b) 8 m

(c) 12 m

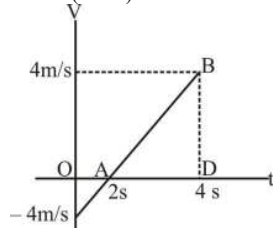
(d) 16 m

Ans. (b) : Given $x = (t - 2)^2$

$$\text{Velocity, } v = \frac{dx}{dt}$$

$$= \frac{d}{dt}(t - 2)^2$$

$$= 2(t - 2) \text{ m/s}$$



Acceleration $a_0 = \frac{dv}{dt}$

$$a = \frac{d}{dt} 2(t - 2)$$

$$a = 2(1 - 0)$$

$$a = 2 \text{ m/s}^2$$

When $t = 0$ $v = -4 \text{ m/s}$

$t = 2 \text{ s}$ $v = 0 \text{ m/s}$

$t = 4 \text{ s}$ $v = 4 \text{ m/s}$

$v - t$ graph is shown in adjacent diagram

Distance travelled = Area of the graph

= area of OAC + area of ABD

$$= \frac{4 \times 2}{2} + \frac{1}{2} \times 2 \times 4 = 8 \text{ m}$$

18. At a metro station, a girl walks up a stationary escalator in time t_1 . If she remains stationary on the escalator, then the escalator take her up in time t_2 . The time taken by her to walk up on the moving escalator will be/ किसी मेट्रो स्टेशन पर कोई लड़की एक रुके हुए एस्केलेटर पर t_1 सेकंड में ऊपर चढ़ती है। यदि वह एस्केलेटर पर खड़ी रहे तो एस्केलेटर उसे t_2 सेकंड में ऊपर ले जाता है। यदि वह चलते हुए एस्केलेटर पर अपनी पूर्व गति से ही ऊपर चढ़े तो उसको ऊपर तक पहुँचने में लगने वाला समय होगा—

(a) $\frac{t_1 + t_2}{2}$

(b) $\frac{t_1 t_2}{t_2 - t_1}$

(c) $\frac{t_1 t_2}{t_2 + t_1}$

(d) $t_1 - t_2$

Ans. (c) : Let speed of girl on stationary escalator = v_1

Speed of only escalator = v_2

Slant distance = d .

Now, time to go up when escalator is stop;

$$t_1 = \frac{d}{v_1} = v_1 = \frac{d}{t_1}$$

Time to go-up when girl stops and escalator moves,

$$t_2 = \frac{d}{v_2} \Rightarrow v_2 = \frac{d}{t_2}$$

Now, when both girl and escalator moves up.

Velocity of girl with respect to ground = $v_1 + v_2$

$$\therefore \text{Time taken } t = \frac{d}{v_1 + v_2}$$

$$t = \frac{d}{\frac{d}{t_1} + \frac{d}{t_2}}$$

$$t = \frac{t_1 t_2}{t_2 + t_1}$$

3. Motion in a Plane

19. The angle between $\vec{A} = \hat{i} + \hat{j}$ and $\vec{B} = \hat{i} - \hat{j}$ is

$\vec{A} = \hat{i} + \hat{j}$ तथा $\vec{B} = \hat{i} - \hat{j}$ के बीच कोण है—

(a) 45°

(b) 90°

(c) -45°

(d) 180°

Ans. (b): Given, $\vec{A} = \hat{i} + \hat{j}$, $\vec{B} = \hat{i} - \hat{j}$

We know that $\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta$

$$\cos \theta = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{|\vec{A}| |\vec{B}|}$$

$$\Rightarrow \cos \theta = \frac{(\hat{i} + \hat{j}) \cdot (\hat{i} - \hat{j})}{\sqrt{1+1} \sqrt{1+1}}$$

$$\Rightarrow \cos \theta = \frac{1-1}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow \cos \theta = \frac{0}{2}$$

$$\Rightarrow \cos \theta = 0$$

$$\Rightarrow \cos \theta = \cos 90^\circ$$

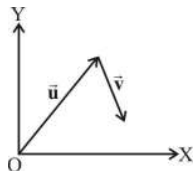
$$\Rightarrow \theta = 90^\circ$$

20. Which one of the following statements is true? निम्नलिखित में कौन-सा कथन सत्य है?

- A scalar quantity is the one that is conserved in a process./अदिश राशि वह होती है जो किसी प्रक्रिया में संरक्षित रहती है।
- A scalar quantity is the one that can never take negative values./अदिश राशि वह होती है जिसका मान कदापि ऋणात्मक नहीं हो सकता।
- A scalar quantity is the one that does not vary from one point to another in space./अदिश राशि वह होती है जिसका मान एक बिंदु से दूसरे बिंदु पर नहीं बदलता।
- A scalar quantity has the same value for observers with different orientation of the axes./अदिश राशि का मान अक्षों के विभिन्न विन्यासों में स्थित प्रेक्षकों के लिए समान होता है।

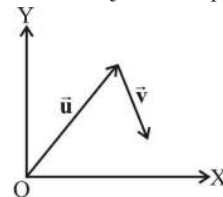
Ans. (d): Scalar quantity is defined only by its magnitude and doesn't depend on any direction. Hence it has the same value for observers with different orientations of the axes.

21. Figure shows the orientation of two vectors \vec{u} and \vec{v} in the XY plane. If $\vec{u} = a\hat{i} + b\hat{j}$ and $\vec{v} = p\hat{i} + q\hat{j}$. Which of the following is correct? XY तल में दो सदिशों \vec{u} एवं \vec{v} के विन्यास दर्शाए गए हैं। यदि $\vec{u} = a\hat{i} + b\hat{j}$ और $\vec{v} = p\hat{i} + q\hat{j}$ तो निम्नलिखित में कौन-सा कथन सही है?



- a and p are positive while b and q are negative./a एवं p धनात्मक हैं जबकि b और q ऋणात्मक हैं।
- a, p and b are positive while q is negative./a, p और b धनात्मक हैं जबकि q ऋणात्मक है।
- a, q and b are positive while p is negative./a, q और b धनात्मक हैं जबकि p ऋणात्मक है।
- a, b, p and q are all positive./a, b, p और q सभी धनात्मक हैं।

Ans. (b): Given, $\vec{u} = a\hat{i} + b\hat{j}$ and $\vec{v} = p\hat{i} + q\hat{j}$



Clearly from the diagram, As u is in the first quadrant, have both components a and b will be positive. For v, as it is in positive X – direction p will be positive and Y – component q will be negative.

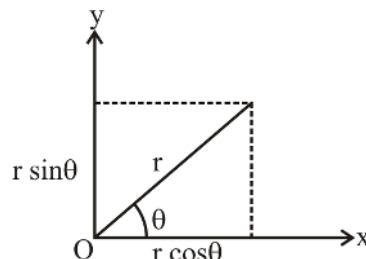
Hence, a p and b are positive while q is negative.

22. The component of a vector r along x-axis will have maximum value if

किसी सदिश r के X-अक्ष के अनुदिश घटक का मान अधिकतम होगा यदि

- r is along positive y-axis
r धनात्मक Y-अक्ष के अनुदिश है।
- r is along positive x-axis
r धनात्मक X-अक्ष के अनुदिश है।
- r makes an angle of 45° with the x-axis
r, X-अक्ष से 45° का कोण बनाता है।
- r is along negative y-axis
r ऋणात्मक Y-अक्ष के अनुदिश है।

Ans. (b) :



Component of r along x-axis is $r \cos \theta$
 $r \cos \theta$ will be maximum if θ is minimum.

That is $\cos \theta = 1$
 $\theta = 0^\circ$

i.e, r is along positive x-axis.

23. Consider the quantities pressure, power, energy, impulse, gravitational potential, electrical charge, temperature, area. Out of these, the only vector quantities are राशियों दाब, शक्ति, ऊर्जा, आवेग, गुरुत्वीय विभव, विद्युत आवेश, ताप और क्षेत्रफल पर विचार कीजिए। इनमें केवल सदिश राशियाँ हैं—

- Impulse, pressure and area
आवेग, दाब और क्षेत्रफल
- Impulse and area
आवेग और क्षेत्रफल
- Area and gravitational potential
क्षेत्रफल और गुरुत्वीय विभव
- Impulse and pressure
आवेग और दाब

Ans. (b) : Impulse: The change in momentum is called impulse.

$$J = \Delta P = \text{change in momentum}$$

We know that, $P = mv$
As the momentum is a vector quantity so the change in momentum is also a vector quantity. Hence, impulse will also a vector quantity.
Area is also a vector quantity.

24. In a two dimensional motion, instantaneous speed v_0 is a positive constant. Then which of the following are necessarily true?/किसी द्विविमीय गति में तात्क्षणिक चाल v_0 एक धनात्मक नियतांक है। तब निम्नलिखित में कौन-सा कथन अनिवार्यतः सत्य है?

- (a) The average velocity is not zero at any time.
औसत वेग किसी भी समय शून्य नहीं होगा।
- (b) Average acceleration must always vanish.
औसत त्वरण सदैव शून्य होना चाहिए।
- (c) Displacements in equal time intervals are equal.
समान समय अंतराल में हुए विस्थापन समान होते हैं।
- (d) Equal path lengths are traversed in equal intervals./समान समय अंतरालों में समान पथ दूरियाँ तय की जाती हैं।

Ans.(d): Instantaneous speed $(v) = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\text{Path traveled}}{\text{time travel}}$

Given that instantaneous speed is +ve constant.
Therefore,

$$\Delta S \propto \Delta t$$

Hence, from above eqⁿ, it is clear that equal path lengths are traversed in equal interval of time.

25. In a two dimensional motion, instantaneous speed v_0 is a positive constant. Then which of the following are necessarily true?

किसी द्विविमीय गति में तात्क्षणिक चाल v_0 कोई धनात्मक नियतांक है। निम्नलिखित में कौन-सा कथन अनिवार्यतः सत्य है?

- (a) The acceleration of the particle is zero/कण का त्वरण शून्य है
- (b) The acceleration of the particle is bounded/कण का त्वरण परिबद्ध है।
- (c) The acceleration of the particle is necessarily in the plane of motion./गति के तल में कण का त्वरण आवश्यक रूप से होता है।
- (d) The particle must be undergoing a uniform circular motion/कण को एक समान गोलाकार गति से गुजरना चाहिए।

Ans. (c) : The motion in two dimensional and given that instantaneous speed v_0 is positive constant. Acceleration is defined as rate of change of velocity (instantaneous speed). Hence, it will also be in the plane of motion.
So option (c) is true.

26. Three vectors \vec{A} , \vec{B} and \vec{C} add up to zero. Find which is false./तीन सदिशों \vec{A} , \vec{B} एवं \vec{C} का योग शून्य है। निम्नलिखित में कौन-सा कथन असत्य है?

- (a) $(\vec{A} \times \vec{B}) \cdot \vec{C}$ is not zero unless \vec{B} , \vec{C} are parallel./ $(\vec{A} \times \vec{B}) \cdot \vec{C}$ शून्य नहीं होता जब तक B, C समांतर न हों।

(b) $(\vec{A} \times \vec{B}) \cdot \vec{C}$ is not zero unless \vec{B} , \vec{C} are parallel/
 $(\vec{A} \times \vec{B}) \cdot \vec{C}$ शून्य नहीं होता जब तक B, C समांतर न हों।

(c) If \vec{A} , \vec{B} , \vec{C} define a plane, $(\vec{A} \times \vec{B}) \times \vec{C}$ is in that plane.
यदि A, B, C किसी तल को परिभाषित करें तो $(\vec{A} \times \vec{B}) \times \vec{C}$ उस तल में होगा।

(d) $(\vec{A} \times \vec{B}) \cdot \vec{C} = |\vec{A}| |\vec{B}| |\vec{C}| \cos \theta \rightarrow C^2 = A^2 + B^2$.

Ans. (c) : Option (a) : $(\vec{A} \times \vec{B}) \times \vec{C}$ is not zero unless \vec{B} , \vec{C} are parallel hence option (a) is true.

Option (b) : $(\vec{A} \times \vec{B}) \cdot \vec{C}$ is zero when vector is perpendicular.

Option (c) : The sum of $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = 0$ the line is in plane. So, we can't say that $(\vec{A} \times \vec{B}) \cdot \vec{C}$ is in plane. Hence option C is false.

Option (d) : $C^2 = A^2 + B^2$, then angle between \vec{A} and \vec{B} is 90° .

$$(\vec{A} \times \vec{B}) \cdot \vec{C} = (\vec{A} \times \vec{B} \sin 90^\circ) \cdot \vec{C} = \vec{A} \times \vec{B} \cdot \vec{C}$$

Hence option (d) is true.

27. It is found that $|\vec{A} + \vec{B}| = |\vec{A}|$. This necessarily implies/यह पाया गया है कि $|\vec{A} + \vec{B}| = |\vec{A}|$ अनिवार्यतः प्रतीत होता है कि

- (a) $\vec{B} = 0$
- (b) \vec{A} , \vec{B} are antiparallel
 \vec{A} , \vec{B} प्रति समांतर हैं
- (c) \vec{A} , \vec{B} are perpendicular
 \vec{A} , \vec{B} लंबवत् हैं।
- (d) $\vec{A} \cdot \vec{B} \leq 0$

Ans. (a) : Given; $|\vec{A} + \vec{B}| = |\vec{A}|$

$$\text{Since } |\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{|\vec{A}|^2 + |\vec{B}|^2 + 2|\vec{A}||\vec{B}|\cos\theta}$$

$$\sqrt{|\vec{A}|^2 + |\vec{B}|^2 + 2|\vec{A}||\vec{B}|\cos\theta} = |\vec{A}|$$

$$|\vec{A}|^2 + |\vec{B}|^2 + 2|\vec{A}||\vec{B}|\cos\theta = |\vec{A}|^2$$

$$|\vec{B}|(|\vec{B}| + 2|\vec{A}|\cos\theta) = 0$$

$$|\vec{B}| = -2|\vec{A}|\cos\theta$$

This implies $\therefore |\vec{B}| = 0$

It mean \vec{B} will have zero magnitude and have no direction.

4. Laws of Motion

28. A ball is travelling with uniform translatory motion. This means that/कोई गेंद एक समान स्थानांतरीय गति कर रही है। इसका अर्थ है कि—

- (a) It is at rest./यह विराम अवस्था में है।
- (b) The path can be a straight line or circular and the ball travels with uniform speed./इसका पथ सरल रेखीय अथवा वृत्ताकार हो सकता है और गेंद एक समान चाल से चल रही है।

- (c) All parts of the ball have the same velocity (magnitude and direction) and the velocity is constant./गेंद के सभी भागों का वेग (परिमाण एवं दिशा) समान है तथा यह वेग नियत है।
- (d) The centre of the ball moves with constant velocity and the ball spins about its centre uniformly./गेंद का केंद्र अचर वेग से गति करता है तथा गेंद अपने केंद्र के परितः एक समान घूर्णन करती है।

Ans. (c) : ∴ "When a body moves in such a way that the linear distance covered by each particle of the body is same during the motion, then the motion is said to be translatory motion.
Hence, if a ball travelling with uniform translatory motion, this means that, all the parts of the ball have the same velocity (Magnitude and direction) and the velocity is constant.

29. A metre scale is moving with uniform velocity. This implies/कोई मीटर स्केल एक समान वेग से गतिमान है। इसका अर्थ है कि

- (a) The force acting on the scale is zero, but a torque about the centre of mass can act on the scale./स्केल पर लगने वाले बल का परिमाण शून्य है। परंतु स्केल पर द्रव्यमान केंद्र के परितः कोई बल-आघूर्ण कार्य कर सकता है।
- (b) The force acting on the scale is zero and the torque acting about centre of mass of the scale is also zero./स्केल पर लगने वाला बल का परिमाण शून्य है और स्केल के द्रव्यमान केंद्र के परितः कार्य करने वाला बल आघूर्ण भी शून्य है।
- (c) The total force acting on it need not be zero but the torque on it is zero./इस पर लगने वाल कुल बल शून्य होना आवश्यक नहीं है परंतु इस पर कार्य करने वाला बल आघूर्ण शून्य है।
- (d) Neither the force nor the torque need to be zero./स्केल पर कार्य करने वाले न तो बल और न ही बल आघूर्ण का शून्य होना आवश्यक है।

Ans. (b) : Find net force : Formula used : $\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a}$
∴ There is no change in velocity as the meter scale is moving with uniform velocity, its acceleration will be zero.
 $\Rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = m \times 0 = 0$... (i)
Hence, The net force acting on the body must be zero.
Now, find torque;
∴ $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{f}$
 $\vec{F}_{\text{net}} = 0$ (from eqⁿ (i))
 $\Rightarrow \vec{\tau} = 0$
Hence, it is clear that for an object to move with uniform velocity, both net force and torque must be zero.

30. A cricket ball of mass 150 g has an initial velocity $\vec{u} = (3\hat{i} + 4\hat{j}) \text{ ms}^{-1}$ and a final velocity $\vec{v} = -(3\hat{i} + 4\hat{j}) \text{ ms}^{-1}$ after being hit. The change in momentum (final momentum–initial momentum) is (in kg m s^{-1})
150g द्रव्यमान की किसी क्रिकेट की गेंद का प्रारंभिक वेग $\vec{u} = (3\hat{i} + 4\hat{j})$ और हिट होने के बाद अंतिम वेग $\vec{v} = -(3\hat{i} + 4\hat{j}) \text{ ms}^{-1}$ है। गेंद का संवेग परिवर्तन kgms^{-1} है-

- (a) zero/शून्य (b) $-(0.45\hat{i} + 0.6\hat{j})$
(c) $-(0.9\hat{i} + 1.2\hat{j})$ (d) $-5(\hat{i} + \hat{j})$

Ans. (c) : Given; mass (m) = 150g = 0.15kg

Initial velocity $\vec{u} = (3\hat{i} + 4\hat{j}) \text{ m/sec}$.

Final velocity $\vec{v} = -(3\hat{i} + 4\hat{j}) \text{ m/sec}$.

Now, initial momentum (\vec{P}_1) = $m\vec{u}$

$$= 0.15 \times (3\hat{i} + 4\hat{j})$$

$$= (0.45\hat{i} + 0.6\hat{j}) \text{ kgm/sec}$$

& final momentum = (\vec{P}_2) = $m\vec{v}$

$$= 0.15 \times (-3\hat{i} - 4\hat{j})$$

$$= (-0.45\hat{i} - 0.6\hat{j}) \text{ kgm/sec}$$

Therefore, change in momentum $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$

$$= (-0.45\hat{i} - 0.6\hat{j}) - (0.45\hat{i} + 0.6\hat{j})$$

$$= -(0.9\hat{i} + 1.2\hat{j}) \text{ kgm/sec}$$

Hence, change in momentum is

$$\Delta\vec{p} = -(0.9\hat{i} + 1.2\hat{j}) \text{ kgm/sec}$$

31. In the previous problem 3, the magnitude of the momentum transferred during the hit is/पिछले प्रश्न संख्या 3 में हिट होने की प्रक्रिया में हस्तांतरित संवेग का परिमाण है-

- (a) zero/शून्य (b) 0.75 kg m s^{-1}
(c) 1.5 kg m s^{-1} (d) 14 kg m s^{-1}

Ans. (c) : From above solution (3) we have,

Change in momentum $\Delta\vec{p} = -(0.9\hat{i} + 1.2\hat{j}) \text{ kgm/sec}$.

Thus, the magnitude of the momentum transferred during the hit is $|\Delta\vec{p}| = \sqrt{(-0.9)^2 + (-1.2)^2}$

$$|\Delta\vec{p}| = \sqrt{0.81 + 1.44}$$

$$|\Delta\vec{p}| = \sqrt{2.25}$$

$$|\Delta\vec{p}| = 1.5 \text{ kgm/sec}$$

32. Conservation of momentum in a collision between particles can be understood from/कणों के बीच संघट्ट में संवेग संरक्षण का अवबोधन किस आधार पर किया जा सकता है?

- (a) Conservation of energy./ऊर्जा संरक्षण
(b) Newton's first law only.
केवल न्यूटन का प्रथम नियम
(c) Newton's second law only.
केवल न्यूटन का द्वितीय नियम
(d) Both Newton's second and third law.
न्यूटन के द्वितीय एवं तृतीय नियम

Ans. (d) : Conservation of momentum in a collision between particles can be understood from both Newton's second and third law.

Since, we know from Newton's second law,

$$\text{External force} = \frac{dp}{dt}$$

Now, if $F_{\text{net}} = 0$, $dp = 0$, $p = \text{constant}$

Hence, momentum of a system will remain conserve if external force on the system is zero.

And from Newton's Third law.

In case of collision between particles equal and opposite forces will act on individual particles.

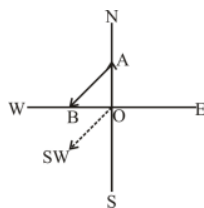
Hence, total force on the system will be zero.

Then momentum of system will remain conserve.

33. A hockey player is moving northward and suddenly turns westward with the same speed to avoid an opponent. The force that acts on the player is/हाकी का कोई खिलाड़ी विपक्षी से बचने के लिए उत्तर दिशा में जाते-जाते पूर्ववर्ती चाल से ही अचानक पश्चिम की ओर मुड़ जाता है। खिलाड़ी पर लगने वाला बल है :

- (a) Frictional force along westward.
पश्चिम दिशा में घर्षण बल
- (b) Muscle force along southward.
दक्षिण दिशा में पेशीय बल
- (c) Frictional force along south-west.
दक्षिण-पश्चिम दिशा में घर्षण बल
- (d) Muscle force along south-west.
दक्षिण-पश्चिम दिशा में पेशीय बल

Ans. (c) :



In above figure, $\vec{OA} = \vec{P}_1$ = initial momentum of player northward.

$\vec{OB} = \vec{P}_2$ = Final momentum of player westward.

According to triangle law of vectors.

$$\vec{OA} + \vec{AB} = \vec{OB}$$

$$\vec{AB} = \vec{OB} - \vec{OA}$$

$$= \vec{P}_2 - \vec{P}_1$$

Thus the change in momentum of player is along south west.

As motion is due to frictional force of reaction of the ground, therefore, force that acts on the player is frictional force along south-west.

34. A body of mass 2 kg travels according to the law $x(t) = pt + qt^2 + rt^3$ where $p = 3 \text{ m s}^{-1}$, $q = 4 \text{ ms}^{-2}$ and $r = 5 \text{ m s}^{-3}$. The force acting on the body at $t = 2$ seconds is/2kg द्रव्यमान को कोई पिंड समीकरण $x(t) = pt + qt^2 + rt^3$ के अनुसार गति करता है, यहाँ $p = 3 \text{ m s}^{-1}$, $q = 4 \text{ ms}^{-2}$ और $r = 5 \text{ m s}^{-3}$ है।

$t = 2\text{s}$ पर पिंड पर लगने वाला बल है

- (a) 136 N (b) 134 N
(c) 158 N (d) 68 N

Ans. (a) : Given ; $x(t) = pt + qt^2 + rt^3$
Where, $p = 3\text{m/sec}$, $q = 4\text{m/sec}^2$, $r = 5\text{/sec}^3$

$$\text{Velocity, } v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(pt + qt^2 + rt^3)$$

$$v = p + 2qt + 3rt^2$$

$$\text{Acceleration, } \vec{a} = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(p + 2qt + 3rt^2)$$

$$\vec{a} = 2q + 6rt$$

$$\text{At } t = 2\text{sec}$$

$$a = 2 \times (4\text{m/sec}^2) + 6 (5\text{m/sec}^3) \times 2\text{sec}$$

$$a = 8 \text{ m/sec}^2 + 60 \text{ m/sec}^2$$

$$a = 68 \text{ m/sec}^2$$

Therefore, the force acting on the body of mass 2 kg is

$$F = ma$$

$$F = ma$$

$$F = (2 \text{ kg}) \times (68\text{m/sec}^2)$$

$$F = 136\text{N}$$

35. A body with mass 5 kg is acted upon by a force $\vec{F} = (-3\hat{i} + 4\hat{j}) \text{ N}$. If its initial velocity at $t = 0$ is $\vec{u} = (6\hat{i} - 12\hat{j}) \text{ m s}^{-1}$, the time at which it will just have a velocity along the y-axis is/ 5kg द्रव्यमान के किसी पिंड पर कोई बल $\vec{F} = (-3\hat{i} + 4\hat{j})$ कार्य कर रहा है। यदि $\vec{u} = (6\hat{i} - 12\hat{j}) \text{ m s}^{-1}$, पर पिंड का प्रारंभिक वेग हो, तो वह समय जब इसका वेग केवल y-अक्ष के अनुदिश होगा, है-

- (a) 0 (b) 10 s
(c) 2 s (d) 15 s

Ans. (b) : Here, $m = 5\text{kg}$

$$\vec{F} = (-3\hat{i} + 4\hat{j})\text{N}$$

$$\vec{u} = (6\hat{i} - 12\hat{j})\text{m/sec}$$

Now, acceleration of the body is.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{-3\hat{i} + 4\hat{j}}{5} = \left(\frac{-3\hat{i}}{5} + \frac{4\hat{j}}{5} \right) \text{ m/sec}^2$$

∴ Velocity of The body along x – axis at any time is.

$$v_x = u_x + a_x t$$

As body will have a velocity along the y-axis, Therefore its velocity along x-axis will be zero.

$$v_x = 0$$

Now, force along x-axis $f_x = -3$ or $a = -\frac{3}{5}$

Force = ma

So, from $v = u + at$ we get

$$0 = 6 + \left(-\frac{3}{5} \times t \right)$$

$$\text{or } t = 6 \times \frac{5}{3} = 10$$

$$t = 10 \text{ sec}$$

36. A car of mass m starts from rest and acquires a velocity along east $\vec{v} = v\hat{i}$ ($v > 0$) in two seconds. Assuming the car moves with uniform acceleration, the force exerted on the car is/विराम अवस्था से गति आरंभ करने वाली m द्रव्यमान की किसी कार का 2s में पूर्व दिशा में वेग $\vec{v} = v\hat{i}$ ($v > 0$) हो जाता है। यह मानते हुए कि कार एक समान त्वरण से गति करती है, कार पर लगने वाला बल का परिमाण-

- (a) $\frac{mv}{2}$ eastward and is exerted by the car engine./
 $\frac{mv}{2}$ पूर्व दिशा के अनुदिश है और कार के इंजन द्वारा लगाया जाता है।
- (b) Eastward and is due to the friction on the tyres exerted by the road./ $\frac{mv}{2}$ पूर्व दिशा के अनुदिश है और सड़क तथा टायरों के बीच घर्षण के कारण है।
- (c) More than $\frac{mv}{2}$ eastward exerted due to the engine and overcomes the friction of the road./ $\frac{mv}{2}$ से अधिक पूर्व के अनुदिश है तथा वह इंजन द्वारा सड़क के घर्षण से पार पाने के लिए लगता है।
- (d) $\frac{mv}{2}$ exerted by the engine./ $\frac{mv}{2}$ है जो इंजन के कारण लगता है।

Ans. (b) : Given ;

Mass of the car = m

Initial velocity, $u = 0$ (as car starts from rest)

Final velocity $v = v\hat{i}$ along east.
 $t = 2\text{sec.}$

Using, $v = u + at$

$$\Rightarrow v\hat{i} = 0 + a \times 2 \text{ or, } \vec{a} = \frac{v}{2}\hat{i}$$

$$\text{Thus, } \vec{F} = m\vec{a} = \frac{mv}{2}\hat{i} = \frac{mv}{2} \text{ eastward}$$

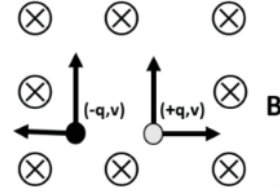
This is due to the friction on the tyres exerted by the road

5. Work, Energy and Power

37. An electron and a proton are moving under the influence of mutual forces. In calculating the change in the kinetic energy of the system during motion, one ignores the magnetic force of one on another. This is because./एक इलेक्ट्रॉन एवं एक प्रोटॉन पारस्परिक बलों के प्रभाव से गतिमान हैं। गति के दौरान इस तंत्र की गतिज ऊर्जा के परिवर्तन की गणना करते समय हम एक के द्वारा दूसरे पर लगने वाले चुंबकीय बलों की उपेक्षा कर देते हैं। ऐसा इसलिए है क्योंकि,
- (a) the two magnetic forces are equal and opposite, so they produce no net effect./दोनों चुंबकीय बल परिमाण में बराबर और दिशाओं में विपरीत होते हैं इसलिए वे कोई नेट (परिणामी) प्रभाव उत्पन्न नहीं करते।
- (b) the magnetic forces do no work on each particle./चुंबकीय बल इन दोनों में से किसी भी कण पर कोई कार्य नहीं करते।
- (c) the magnetic forces do equal and opposite (but non-zero) work on each particle./चुंबकीय बल प्रत्येक कण पर बराबर (परंतु शून्येतर) और विपरीत कार्य करते हैं।
- (d) the magnetic forces are necessarily negligible./चुंबकीय बल अनिवार्यतः नगण्य होते हैं।

Ans. (b) : According to work energy theorem-
 $\Sigma W = K.E_f - K.E_i$

As the e^- and proton moves under the influence of mutual interactions, the magnetic force will be perpendicular to their motion, shown in fig below.



Here, we can see the direction of magnetic force on the proton is towards right and on e^- is towards left. That's why in calculating the change in the kinetic energy of the system during motion, one ignores the magnetic force of one on another.

38. A proton is kept at rest. A positively charged particle is released from rest at a distance d in its field. Consider two experiments; one in which the charged particle is a proton and in another a positron. In the same time t , the work done on the two moving charged particles is/एक प्रोटॉन विरामावस्था में रखा गया है। इसके क्षेत्र में एक अन्य धन आवेशयुक्त कण, इसे d दूरी पर विराम अवस्था में ही विमुक्त किया जाता है। दो प्रयोगों पर विचार कीजिए— पहला वह जिसमें दूर आवेशित कण भी प्रोटॉन ही है और दूसरा वह जिसमें दूसरा धन आवेशित कण पॉजिट्रॉन है। समान समय t में दोनों गतिमान कणों पर किया गया कार्य—
- (a) same as the same force law is involved in the two experiments/समान है क्योंकि इन दो प्रयोगों में एक ही बल नियम लागू होता है।
- (b) less for the case of a positron, as the positron moves away more rapidly and the force on it weakens./पॉजिट्रॉन के प्रकरण में कम होता है क्योंकि पॉजिट्रॉन अधिक तीव्र गति से प्रतिकर्षित होता है और उस पर बल कम हो जाता है।
- (c) more for the case of a positron, as the positron moves away a larger distance./पॉजिट्रॉन के प्रकरण में अधिक होता है क्योंकि पॉजिट्रॉन अधिक दूरी तक प्रतिकर्षित होता है।
- (d) same as the work done by charged particle on the stationary proton./उतना ही होता है जितना आवेशित कण द्वारा स्थिर प्रोटॉन पर किया गया कार्य।

Ans. (c) : Option (c) is correct. Because their charges are equivalent, the force between two protons is equal to the force between a proton and a positron.

- Because of having much lighter weight than proton, positron moves away large distance compared to proton.
 - As work done = force \times displacement
- Therefore in the same time t work done (in case of positron) is more than that of proton.

39. A man squatting on the ground gets straight up and stands. The force of reaction of ground on the man during the process is/जमीन पर उकड़ू बैठा हुआ एक व्यक्ति उठकर सीधा खड़ा होता है। इस प्रक्रिया में व्यक्ति पर लगने वाला पृथ्वी का प्रतिक्रिया बल—

- (a) constant and equal to mg in magnitude
अपरिवर्तित रहता है और परिमाण में mg के बराबर होता है।
- (b) constant and greater than mg in magnitude
अपरिवर्तित रहता है और परिमाण में mg से अधिक होता है।
- (c) variable but always greater than mg
प्रारंभ परिवर्ती परंतु परिमाण में सदैव mg से अधिक
- (d) at first greater than mg , and later becomes equal to mg .
प्रारंभ में mg से अधिक होता है परंतु बाद में mg के बराबर हो जाता है।

Ans. (d): In the whole process, the man exerts variable force (F) on the ground to set his body in motion. This force is in addition to the force required to support his weight (mg). Once the man is in standing position, force (F) becomes zero.

40. A bicyclist comes to a skidding stop in 10 m. During this process, the force on the bicycle due to the road is 200 N and is directly opposed to the motion. The work done by the cycle on the road is/एक बाइसिकल सवार ब्रेक लगाने के बाद 10 m की दूरी फिसलते हुए जा सकता है। इस प्रक्रिया में सड़क द्वारा बाइसिकल पर लगाया गया बल 200N है और गति के ठीक विपरीत दिशा में लगता है। साइकिल द्वारा सड़क पर किया गया कार्य है-

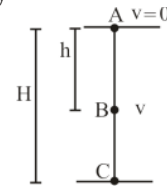
- (a) +2000 J (b) -200 J
(c) zero (d) -20000 J

Ans. (c) : We know that work done is
 $w = F.S \cos \theta$ (i)
Where, force is the magnitude of the force applied by the cyclist (200N)
S = Distance (10m)
 θ = Angle between the force and direction of motion
In this case, the force is directly opposed to the motion, which means the angle θ between the force and the direction of motion is 180° .
On substituting all the values in eqⁿ(i) we get-
 $W = 200 \times 10 \times \cos 180^\circ$
 $W = 200 \times 10 \times (-1)$
 $W = -2000 \text{ N-m}$
The frictional force on the cycle does work here and it is equivalent to -2000 J .
Because the road is immobile, the work done by the cycle on the road is zero.

41. A body is falling freely under the action of gravity along in vacuum. Which of the following quantities remain constant during the fall?/एक पिंड निर्वात में केवल गुरुत्व के अधीन स्वतंत्रतापूर्वक गिर रहा है। इसके गिरने के दौरान निम्नलिखित में से कौन-सी राशि अचर रहती है?

- (a) Kinetic energy/गतिज ऊर्जा
(b) Potential energy/स्थितिज ऊर्जा
(c) Total mechanical energy/कुल यांत्रिक ऊर्जा
(d) Total linear momentum/कुल रेखीय संवेग

Ans. (c): Let a body of mass m falls freely under gravity from height 'H' above ground. Let A, B and C be the position of body-



The total Mechanical energy at point A,

$$E_A = K.E + P.E$$

$$E_A = \frac{1}{2}mv^2 + mgH$$

At point A, velocity will be zero

Hence,

$$E_A = mgH$$

Total Mechanical Energy at Point B,

$$E_B = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

Velocity at point B, $v = \sqrt{2gh}$

$$E_B = \frac{1}{2}m \times 2gh + mg(H-h)$$

$$E_B = mgh + mgH - mgh$$

$$E_B = mgH$$

Velocity at point C, $v = \sqrt{2gH}$

Total Mechanical Energy at point C

$$E_C = \frac{1}{2}m(2gH) + mg(0)$$

$$E_C = mgH$$

Hence, as per the point A, point B and point C, the total mechanical energy of the body will remain constant in vacuum, if we neglect the air friction.

42. During inelastic collision between two bodies, which of the following quantities always remain conserved?/दो पिंडों के बीच होने वाले अप्रत्यास्थ संघट्ट के दौरान निम्नलिखित में से कौन-सी राशि सदैव संरक्षित रहती है-

- (a) Total kinetic energy/कुल गतिज/ऊर्जा
(b) Total mechanical energy/कुल यांत्रिक ऊर्जा
(c) Total linear momentum/कुल रेखीय संवेग
(d) Speed of each body/प्रत्येक पिंड की चाल

Ans. (c) :

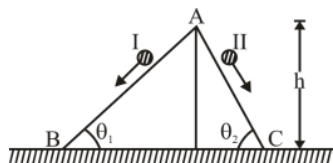


Let us consider a system in which two bodies are colliding and the total external force on the system is zero (because collision is due to internal forces only). Hence, total linear momentum of the system remains conserved. Here kinetic energy appears in other forms i.e. energy may be lost in the form of heat and sound etc.

43. Two inclined frictionless tracks, one gradual and the other steep meet at A from where two stones are allowed to slide down from rest, one on each track as shown in figure. Which of the following statements is correct?

दो घर्षण विहीन नत पथों में से एक दूसरे की अपेक्षा, क्षैतिज से कम कोण पर झुका है। ये दोनों पथ बिंदु A पर मिलते हैं, जहाँ से दो पत्थर विरामावस्था से छोड़े जाते हैं, जिसमें से प्रत्येक पत्थर अलग पथ पर फिसलता है जैसा चित्र में दर्शाया गया है।

निम्नलिखित में कौन-सा कथन सत्य है?



- (a) Both the stones reach the bottom at the same time but not with the same speed./ दोनों पत्थर एक ही क्षण पर तलों के आधार पर पहुँचते हैं परंतु वहाँ उनकी चाल समान नहीं होती।
- (b) Both the stones reach the bottom with the same speed and stone I reaches the bottom earlier than stone II./दोनों पत्थर, तलों के आधार पर एक ही चाल से पहुँचते हैं और पत्थर I, पत्थर II से पहले पहुँचता है।
- (c) Both the stones reach the bottom with the same speed and stone II reaches the bottom earlier than stone I./दोनों पत्थर तलों के आधार पर एक ही चाल से पहुँचते हैं और पत्थर II पत्थर I से पहले पहुँचता है।
- (d) Both the stones reach the bottom at different times and with different speeds./ दोनों पत्थर तलों के आधार पर अलग-अलग समय पर तथा अलग-अलग वेग से पहुँचते हैं।

Ans. (c) : As shown in the given diagrams, AB and AC are two smooth planes inclined at the angles θ_1 and θ_2 respectively. Because there is no friction here, mechanical energy will be preserved. And both tracks have the same height h,

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$v^2 = 2gh$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

Hence, speed is same for both stones. For stone 1st, a = acceleration along inclined plane = $g \sin\theta_1$.

Similarly, for stone 2nd, $a_2 = g \sin\theta_2$

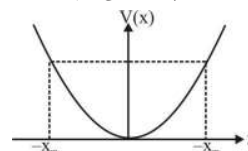
And because track 2nd is shorter in length, stone 2nd arrives earlier than stone 1st.

44. The potential energy function for a particle executing linear SHM is given by $V(x) = \frac{1}{2}kx^2$

where k is the force constant of the oscillator. For $k = 0.5\text{Nm}^{-1}$, the graph of $V(x)$ versus x is shown in the figure. A particle of total energy E turns back when it reaches $x = \pm x_m$. If V and K indicate the potential energy and kinetic energy, respectively of the particle at $x = +x_m$, then which of the following is correct?/सरल आवर्त गति (SHM) करते किसी कण का स्थितिज

ऊर्जा फलन है $V(x) = \frac{1}{2}kx^2$ जहाँ k दोलित्र का बल नियतांक है। $k = 0.5\text{N/m}$ के लिए $V(x)$ और x का ग्राफ चित्र में दर्शाया गया है।

E ऊर्जा का कोई कण $x = \pm x_m$ पर पहुँच कर वापस लौटता है। यदि $x = +x_m$ पर V एवं K क्रमशः कण की स्थितिज ऊर्जा (P.E.) एवं गतिज ऊर्जा (K.E.) निरूपित करते हों तो निम्नलिखित में से कौन-सा कथन सही है?



- (a) $V = 0, K = E$ (b) $V = E, K = 0$
(c) $V < E, K = 0$ (d) $V = 0, K < E$

Ans. (b) : Total energy of the particle, $E = 1\text{ J}$
for constant, $k = 0.5\text{ N/m}$

$$k.E \text{ of particle, } = \frac{1}{2}mv^2$$

According to conservation law:

$$E = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$$

(\because velocity become zero at the moment of turn back i.e $K = 0$)

$$E = \frac{1}{2}kx^2$$

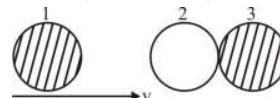
$$1 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times x^2$$

$$x^2 = \frac{2 \times 10}{0.5 \times 10} = \frac{20}{5} = 4$$

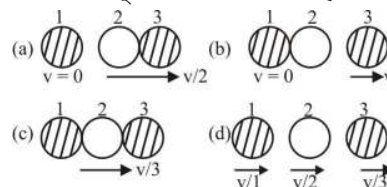
$$x = 2$$

Hence, the particle turns back when it reaches $x = 2\text{ m}$ and potential energy is equal to the total energy of body i.e $V = E$.

45. Two identical ball bearings in contact with each other and resting on a frictionless table are hit head-on by another ball bearing of the same mass moving initially with a speed v as shown in figure. If the collision is elastic, which of the following is a possible result after collision?/दो सर्वसम बॉल बियरिंग एक घर्षण विहीन मेज पर एक दूसरे के संपर्क में विरामावस्था में रखे हैं और समान द्रव्यमान का एक तीसरा बॉल बियरिंग v चाल से चलता हुआ आकर इनमें सम्मुख संघट्ट करता है जैसा चित्र में दर्शाया गया है।



यदि संघट्ट प्रत्यास्थ हो तो चित्र में दर्शायी गई कौन-सी स्थिति संघट्ट के पश्चात संभव है?



Ans. (b): Let 'm' be the mass of each ball bearing. Total kinetic energy of the system before collision,

$$= \frac{1}{2}mv^2 + 0 = \frac{1}{2}mv^2$$

In (a), K of the system after collision–

$$K_1 = \frac{1}{2}(2m)\left(\frac{v^2}{2}\right) = \frac{1}{4}mv^2$$

In (b), K of the system after collision–

$$K_2 = \frac{1}{2}(m)(v^2) = \frac{1}{2}mv^2$$

In (c), K of the system after collision–

$$K_3 = \frac{1}{2}(3m)\left(\frac{v^2}{3}\right) = \frac{1}{2}mv^2$$

In (d), K of the system after collision–

$$K_4 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}m\left(\frac{v}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}m\left(\frac{v}{3}\right)^2$$

$$= \frac{49}{72}mv^2$$

So, as we see K of the system is only conserved in option (b). Hence, option (b) is the only possibility.

46. A body of mass 0.5 kg travels in a straight line with velocity $v = ax^{3/2}$ where $k = 5m^{-1/2}s^{-1}$. The work done by the net force during its displacement from $x = 0$ to $x = 2$ m is 0.5 kg द्रव्यमान का एक पिंड एक सरल रेखा में $v = ax^{3/2}$ वेग से गतिमान है जहाँ $a = 5m^{-1/2}s^{-1}$ है। इसके $x = 0$ से $x = 2$ m तक विस्थापन में कुल बल द्वारा किया गया कार्य है–

- (a) 1.5 J (b) 50 J
(c) 10 J (d) 100 J

Ans. (b) : Given : Mass of the body (m) = 0.5 kg

Velocity of the body (v) = $ax^{3/2}$

Where $a = 5m^{-1/2}s^{-1}$

Velocity of the body at $x = 0$,

$$v_1 = 5 \times 0 = 0$$

Velocity of the body at $x = 2$

$$v_2 = 5 \times (2)^{3/2} \text{ m/s}$$

According to work-energy theorem–

Work done = Change in kinetic energy

$$= \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

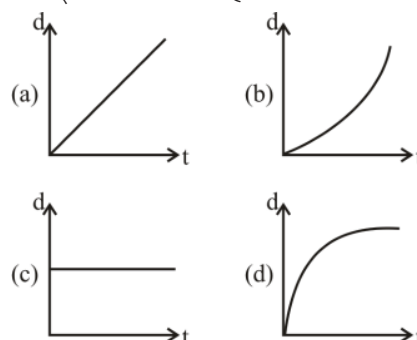
$$= \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.5 \times \{5(2^{3/2})\}^2 - (0)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.5 \times 25 \times 2^3 = 12.5 \times 4 = 50 \text{ J}$$

47. A body is moving unidirectionally under the influence of a source of constant power supplying energy. Which of the diagrams shown in figure correctly shows the displacement-time curve for its motion?/एक

पिंड किसी नियत शक्ति प्रदायक ऊर्जा स्रोत के प्रभाव में एक ही दिशा में चल रहा है। चित्र में कौन-सा आरेख इसकी गति का सही विस्थापन-समय ग्राफ है?



Ans. (b) : Given : Power from a constant power source

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\vec{F} \cdot \vec{d}}{t} = \vec{F} \cdot \vec{V} = \text{constant}$$

Now, by dimensional analysis

$$[F][V] = \text{Constant}$$

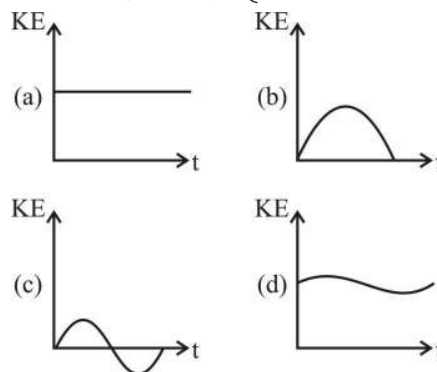
$$\Rightarrow [MLT^{-2}][LT^{-1}] = \text{constant}$$

$$\Rightarrow L^2T^{-3} = \text{constant (because mass is constant)}$$

$$\Rightarrow L \propto T^{3/2}$$

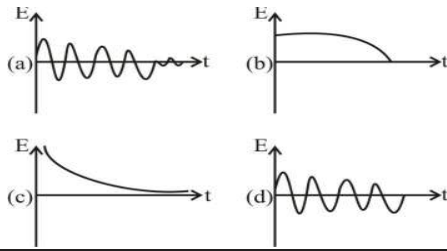
$$\Rightarrow \text{Displacement (d)} \propto T^{3/2}$$

48. Which of the diagrams shown in figure most closely shows the variation in kinetic energy of the earth as it moves once around the sun in its elliptical orbit?/चित्र 6.6 में दर्शाये गये आरेखों में से सूर्य के चारों ओर दीर्घ वृत्ताकार में घूमती हुई पृथ्वी की एक परिक्रमा में गतिज ऊर्जा में परिवर्तन का निकटतम निरूपण करता है?



Ans. (d) : As the earth moves once around the sun in its elliptical orbit its K.E is maximum when it is closest to the sun and minimum when it is farthest from the sun. As K.E is never zero during its motion.

49. Which of the diagrams shown in figure represents variation of total mechanical energy of a pendulum oscillating in air as function of time? चित्र में दर्शाए गए आरेखों में से कौन-सा आरेख वायु में दोलन करते हुए किसी लोलक की कुल यांत्रिक ऊर्जा में समय के साथ होने वाले परिवर्तन का सही निरूपण करता है?



Ans. (c) : When a pendulum oscillates in air, its total mechanical energy gradually falls as it overcomes air resistance. As a result, the pendulum's total mechanical energy drops exponentially over time.

50. A mass of 5 kg is moving along a circular path of radius 1 m. If the mass moves with 300 revolutions per minute, its kinetic energy would be

5 kg द्रव्यमान का एक पिंड 1 m त्रिज्या के वृत्ताकार पथ पर गतिमान है। यदि यह पिंड प्रति मिनट 300 चक्कर लगाता हो तो इसकी गतिज ऊर्जा होगी-

- (a) $250\pi^2$ J (b) $100\pi^2$ J
(c) $5\pi^2$ J (d) 0 J

Ans. (a) : Given : Mass (m) = 5kg, Radius (r) = 1m
N = 300rpm

$$\text{Angular speed } \omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2\pi \times 300}{60} = 10\pi \text{ rad/s}$$

$$\text{Linear speed } v = \omega R = 10\pi \times 1 = 10\pi \text{ m/s}$$

$$\text{K.E} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 5(\text{kg}) \times (10\pi \text{ m/s})^2$$

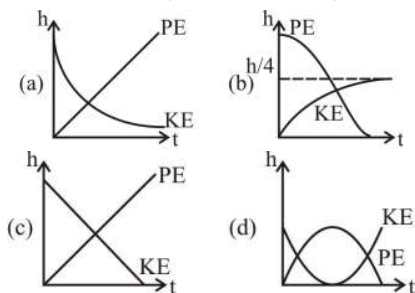
$$= \frac{1}{2} \times 5 \times 100\pi^2 \text{ J}$$

$$= 5 \times 50\pi^2 = 250\pi^2 \text{ J}$$

51. A raindrop falling from a height h above ground, attains a near terminal velocity when it has fallen through a height $\left(\frac{3}{4}\right)h$. Which of the

diagrams shown in figure correctly shows the change in kinetic and potential energy of the drop during its fall up to the ground? एक वर्षा की बूंद जो पृथ्वी के ऊपर h ऊँचाई से गिरना प्रारंभ करती है। $\left(\frac{3}{4}\right)h$ ऊँचाई से गिरने के बाद अंतिम वेग

(Terminal Velocity) प्राप्त कर लेते है। चित्र में दर्शाए गए आरेखों में से कौन-सा आरेख इस बूंद के भू-पृष्ठ तक गिरने में इसकी गतिज तथा स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तनों को सही प्रकार दर्शाता है?



Ans. (b): Diagram (b) shows the change in kinetic and potential energy of the drop during its fall up to ground. When a raindrop falls freely, then at a height 'h' above the ground, its potential energy is maximum and kinetic energy is zero. During the fall, the potential energy of the rain drop keeps decreasing and kinetic energy goes

on increasing up to a height $\frac{h}{4}$ above the ground.

At this stage, rain drop has acquired terminal velocity. Thereafter its velocity remains constant. Therefore, at this stage, kinetic energy becomes constant. Potential energy becomes zero when a raindrop falls to the ground.

52. In a shotput event an athlete throws the shotput of mass 10 kg with an initial speed of 1 m/s at 45° from a height 1.5 m above ground. Assuming air resistance to be negligible and acceleration due to gravity to be 10 m/s^2 , the kinetic energy of the shotput when it just reaches the ground will be

गोला फेंकने की प्रतियोगिता में एक खिलाड़ी 10kg की ऊँचाई से 45° पर फेंकता है। यह मानते हुए कि वायु प्रतिरोध नगण्य है एवं गुरुत्व के कारण त्वरण 10 m/s^2 है, जब गोला पृथ्वी पर गिरता है तो इसकी गतिज ऊर्जा होती है

- (a) 2.5 J (b) 5.0 J
(c) 52.5 J (d) 155.0 J

Ans. (d) : Given : m = 10kg, v = 1 m/s, h = 1.5m, g = 10 m/s^2
If air resistance is negligible the system's total mechanical energy remains constant. And let us ground as a reference point where potential energy is zero.

$$\text{Initial energy} = (\text{PE})_i + (\text{KE})_i$$

$$= mgh + \frac{1}{2}mv^2$$

$$= 10 \times 10 \times 1.5 + \frac{1}{2} \times 10 \times (1)^2$$

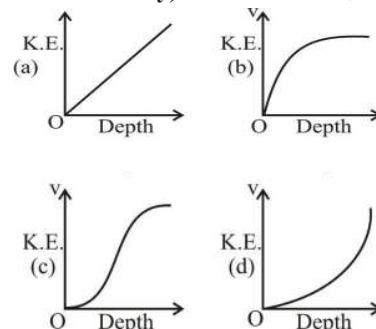
$$= 150 + 5 = 155 \text{ J}$$

$$\text{Now, } (\text{PE})_i + (\text{KE})_i = (\text{PE})_f + (\text{KE})_f$$

$$155 \text{ J} = 0 + (\text{KE})_f$$

$$\text{Final K.E.} = 155 \text{ J}$$

53. Which of the diagrams in figure correctly shows the change in kinetic energy of an iron sphere falling freely in a lake having sufficient depth to impart it a terminal velocity? चित्र में कौन-सा आरेख किसी झील में स्वतंत्रतापूर्वक गिरते हुए लोहे के गोले की गतिज ऊर्जा के परिवर्तन का सही निरूपण करता है जबकि झील की गहराई इतनी है कि गोला अंतिम वेग (Terminal Velocity) प्राप्त कर सकता है-



Ans. (b): When an iron sphere is falling freely in the lake, it will accelerate due to gravitational force and its velocity increases continuously and resistance due to water, also known as viscous force or up thrust which opposes the motion, acts on sphere. It depends upon velocity of object, as the velocity increases, upthrust increases. Hence, during fall of sphere first its velocity increases and then becomes constant after some depth. This constant velocity is called terminal velocity. Hence, KE becomes constant beyond this depth which is best represented by option (b).

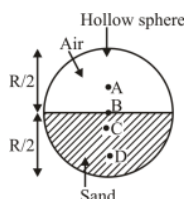
6. System of Particles and Rotational Motion

54. For which of the following does the centre of mass lie outside the body?/निम्नलिखित में से किस पिंड का द्रव्यमान केंद्र उसके बाहर स्थित होता है।

- (a) A pencil/पेंसिल
 (b) A shotput/शॉटपुट (गोला)
 (c) A dice/(पासा)
 (d) A bangle (चूड़ी)

Ans. (d) : A bangle is a hollow cylinder. Hence, the centre of mass lies outside the body.

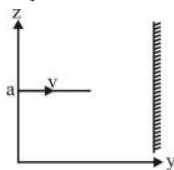
55. Which of the following points is the likely position of the centre of mass of the system shown in figure ?/चित्र में दर्शाए गए निकाय में अंकित कौन-सा बिंदु इसके द्रव्यमान केंद्र की संभावित स्थिति है?



- (a) A (b) B
 (c) C (d) D

Ans. (c) : According to given figure, the position of the centre of mass of the system is likely to be 'C'. This is because the lower part of the sphere containing sand, is heavier than the upper part of the sphere containing air.

56. A particle of mass m is moving in $y-z$ plane with a uniform velocity v with its trajectory running parallel to $+ve$ y -axis and intersecting z -axis at $z = a$. The change in its angular momentum about the origin as it bounces elastically from a wall at $y = \text{constant}$ is is/ m द्रव्यमान का कोई कण एक समान वेग v से $y-x$ तल में इस प्रकार गतिमान है कि इसका पथ $+y$ -अक्ष के समांतर रहता है और z -अक्ष को $z = a$ पर प्रतिच्छेदित कर रहा है। यदि यह $y = \text{अचर}$ के संगत दीवार पर मूल बिंदु के पारित-इसके कोणीय संवेग में परिवर्तन का मान है



- (a) $mva \hat{e}_x$ (b) $2mva \hat{e}_x$
 (c) $ymv \hat{e}_x$ (d) $2ymv \hat{e}_x$

Ans. (b) : Given : Initial velocity $\vec{v}_i = v\hat{e}_y$

Final Velocity $\vec{v}_f = -v\hat{e}_y$

The trajectory is given as

$$\vec{r} = y\hat{e}_y + a\hat{e}_z$$

So, change in angular momentum-

$$\Delta \vec{L} = \vec{r} \times m(\vec{v}_f - \vec{v}_i)$$

$$= (y\hat{e}_y + a\hat{e}_z) \times (-mv\hat{e}_y - mv\hat{e}_y)$$

$$= (y\hat{e}_y + a\hat{e}_z) \times (-2mv\hat{e}_y)$$

$$[\because \hat{e}_y \times \hat{e}_y = 0 \text{ \& } \hat{e}_z \times \hat{e}_y = -\hat{e}_x]$$

$$= -2mva(-\hat{e}_x)$$

$$= 2mva\hat{e}_x$$

57. When a disc rotates with uniform angular velocity, which of the following is not true?/जब कोई डिस्क एक समान कोणीय वेग से घूर्णन करती है, तो निम्नलिखित में कौन-सा कथन सत्य नहीं होता?

- (a) The sense of rotation remains same./घूर्णन की दिशा समान रहती है।
 (b) The orientation of the axis of rotation remains same./घूर्णन अक्ष का दिक्-विन्यास समान रहता है।
 (c) The speed of rotation is non-zero and remains same./घूर्णन की चाल शून्यतर होती है तथा समान रहती है।
 (d) The angular acceleration is non-zero and remains same./कोणीय त्वरण शून्यतर होती है तथा समान रहती है।

Ans. (d) : When the disc is rotated with constant angular velocity, angular acceleration of the disc is zero.

Because angular acceleration $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$

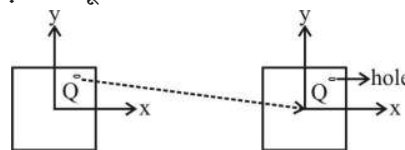
Where, $\omega = \text{constant}$

$$\therefore \Delta\omega = 0$$

$$\text{So, } \alpha = \frac{0}{\Delta t} = 0$$

Hence, the angular acceleration is non-zero and remains same, is not correct.

58. A uniform square plate has a small piece Q of an irregular shape removed and glued to the centre of the plate leaving a hole behind. The moment of inertia about the z -axis, then/किसी एक समान वर्गाकार प्लेट से कोई अनियमित आकृति को छोटा टुकड़ा Q काटकर इसे प्लेट के केंद्र से चिपका दिया गया है और प्लेट में पूर्व स्थान पर छिद्र छोड़ दिया गया है। तब z -अक्ष के परितः इसे प्लेट का जड़त्व आघूर्ण



- (a) increased/बढ़ जाता है।
 (b) decreased/घट जाता है।
 (c) the same/समान रहता है।
 (d) changed in unpredicted manner./अननुमेयित रूप से बदल जाता है।

Ans. (b) : As the piece of Q is removed and glued to centre, the moment of inertia decreases about z-axis as the

$$M.I. = \sum m_i d_i^2$$

As the distance of that piece from z-axis is decreased to zero, hence its moment of inertia will decrease.

59. In problem 5, the centre of mass of the plate is now in the following quadrant of x-y plane, प्रश्न 5 में, अब प्लेट का द्रव्यमान केंद्र x-y तल के नीचे दिए गए किस चतुर्थांश में है?

- (a) I (b) II
 (c) III (d) IV

Ans. (c) : The centre of mass will shift towards the side opposite to Q along the line passing through the axis of rotation thus, the new centre of mass will be in quadrant III.

60. The density of a non-uniform rod of length 1 m is given by $\rho(x) = a(1 + bx^2)$ where a and b are constants and $0 \leq x \leq 1$. The centre of mass of the rod will be at 1 m लंबी किसी असमान छड़ का घनत्व इस प्रकार व्यक्त किया गया है $\rho(x) = a(1 + bx^2)$ यहाँ a तथा b स्थिरांक हैं तथा $0 \leq x \leq 1$ इस छड़ का द्रव्यमान केंद्र होगा

- (a) $\frac{3(2+b)}{4(3+b)}$ (b) $\frac{4(2+b)}{3(3+b)}$
 (c) $\frac{3(3+b)}{4(2+b)}$ (d) $\frac{4(3+b)}{3(2+b)}$

Ans. (a) : Given :

Non-uniform density $\rho(x) = a(1 + bx^2)$

$$\text{We know, } X_{\text{com}} = \frac{\int_0^1 (dm)x}{\int_0^1 (dm)} \quad \left[\begin{array}{l} \rho = \frac{dm}{dx} \\ dm = \rho dx \\ dm = a(1 + bx^2) dx \end{array} \right]$$

By putting the value

$$X_{\text{com}} = \frac{\int_0^1 a(1 + bx^2)x dx}{\int_0^1 a(1 + bx^2) dx}$$

$$X_{\text{com}} = \frac{\int_0^1 (x + bx^3) dx}{\int_0^1 (1 + bx^2) dx}$$

On integrating, we get-

$$X_{\text{com}} = \frac{\left[\frac{x^2}{2} + \frac{bx^4}{4} \right]_0^1}{\left[x + \frac{bx^3}{3} \right]_0^1} = \frac{\left[\frac{1}{2} + \frac{b}{4} \right]}{\left(1 + \frac{b}{3} \right)} = \frac{2+b}{3}$$

$$X_{\text{com}} = \frac{3(2+b)}{4(3+b)}$$

61. A merry-go-round, made of a ring-like platform of radius R and mass M, is revolving with angular speed ω . A person of mass M is standing on it. At one instant, the person jumps off the round, radially away from the centre of the round. The speed of the round afterwards is/त्रिज्या R तथा द्रव्यमान M के छल्ले जैसे प्लेटफार्म का बना कोई मेरी-गो-राउंड झूला कोणीय चाल ω से परिक्रमण कर रहा है। M द्रव्यमान का कोई व्यक्ति इस झूले पर खड़ा है। किसी क्षण विशेष पर यह व्यक्ति इस झूले से इस झूले के केंद्र से परे त्रिज्यातः (झूले से देखने पर) कूदता है। इसके पश्चात् झूले की चाल है

- (a) 2ω (b) ω
 (c) $\frac{\omega}{2}$ (d) 0

Ans. (a) : As no torque is exerted by the person jumping, radially away from the centre of the round, angular momentum will remain conserve.

Initial Momentum (platform + Person)

$$I_i = 2 MR^2 \times \omega$$

Final Momentum (Platform),

$$I_f = MR^2 \times \omega'$$

$$\because I_i = I_f$$

$$2MR^2 \times \omega = MR^2 \times \omega'$$

$$\omega' = 2\omega$$

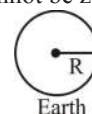
7. Gravitation

62. The Earth is an approximate sphere. If the interior contained matter which is not of the same density everywhere, then on the surface of the Earth, the acceleration due to gravity पृथ्वी एक गोले का सन्निकट रूप है। यदि इसके अर्ध्यांतर में हर स्थान पर एक समान घनत्व का द्रव्य नहीं है, तो पृथ्वी के पृष्ठ पर गुरुत्वीय त्वरण

- (a) will be directed towards the centre but not the same everywhere./केंद्र की ओर निर्दिष्ट होगा, परंतु हर स्थान पर समान नहीं होगा।
 (b) will have the same value everywhere but not directed towards the center./ हर स्थान पर समान मान होगा परंतु केंद्र की ओर निर्दिष्ट नहीं होगा।
 (c) will be same everywhere in magnitude directed towards the centre./परिमाण में हर स्थान पर समान तथा केंद्र की ओर निर्दिष्ट नहीं होगा।
 (d) cannot be zero at any point./किसी भी बिंदु पर शून्य नहीं हो सकता।

Ans. (d) : The acceleration due to gravity (g) is the acceleration of the body falling under free fall with in vacuum. The value of the g is 9.8 m/sec^2 .

• If we assume the earth as a sphere of uniform density then it can be treated as a point was placed at centre. In this case acceleration due to gravity (g) will be zero. But earth is considered as a sphere of non-uniform density, in that case value of 'g' will be different at different points and cannot be zero at any point.]



We know that, Mass = volume \times density

$$M = \frac{4}{3} \pi R^3 \times \rho$$

Acceleration due to gravity of earth,

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

Where, G is Gravitational constant

R is Radius of earth.

Put the value of M

$$g = \frac{G \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \times \rho \right)}{R^2}$$

$$g = \frac{4}{3} \pi GR \rho$$

So, $g \propto \rho$

From the above expression, it is clear that if the interior contained matter which is not of the same density everywhere, then on the surface of the acceleration due to gravity cannot be zero at any point.

63. As observed from Earth, the sun appears to move in an approximate circular orbit. For the motion of another planet like mercury as observed from Earth, this would/पृथ्वी से प्रेक्षण करने पर सूर्य लगभग वृत्ताकार कक्षा में गति करता प्रतीत होता है। बुध जैसे किसी अन्य ग्रह की गति के लिए पृथ्वी से प्रेक्षण करने पर भी यह बात

- (a) be similarly true/इसी प्रकार सत्य होगी।
- (b) not be true because the force between Earth and mercury is not inverse square law/सत्य नहीं होगी क्योंकि पृथ्वी एवं बुध के बीच बल व्युत्क्रम वर्ग नियम के अनुसार नहीं होता।
- (c) not be true because the major gravitational force on mercury is due to sun/सत्य नहीं होगी क्योंकि बुध पर प्रमुख गुरुत्वाकर्षण बल सूर्य के कारण है।
- (d) not be true because mercury is influenced by forces other than gravitational forces./सत्य नहीं होगी क्योंकि बुध गुरुत्वाकर्षण बलों के अतिरिक्त अन्य बलों से भी प्रभावित होता है।

Ans. (c) : We know that,

$$\text{Gravitational Force (F)} = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

Where m_1 and m_2 are masses of two bodies planet.

R is the distance between them.

- Mercury experiences force of gravitational attraction both from the sun and the Earth. But the mass of sun is massive so the force due to sun is very large compared to force due to earth.
- Therefore, the gravitational force on the mercury due to the earth is much smaller as compared to that acting on it due to the sun. Hence it revolves around the sun and not around the earth.

64. Different points in Earth are at slightly different distances from the sun and hence experience different forces due to gravitation. For a rigid body, we know that if various forces act at various points in it, the resultant motion is as if a net force acts on the centre of mass causing translation and a net

torque at the centre of mass. For the Earth-sun system (approximating the Earth as a uniform density sphere)/पृथ्वी के विभिन्न बिंदु, सूर्य से कुछ भिन्न दूरियों पर होते हैं। अतः गुरुत्वाकर्षण के कारण भिन्न बलों का अनुभव करते हैं। एक दृढ़-पिंडों के लिए हम जानते हैं कि यदि इसके भिन्न बिंदुओं पर भिन्न-भिन्न बल कार्य करें, तो इसकी परिणामी गति इस प्रकार होगी। जैसे कि एक नेट बल इसके द्रव्यमान केंद्र पर आरोपित होकर इसमें स्थानंतरीय गति उत्पन्न कर रहा हो तथा नेट बल-आघूर्ण द्रव्यमान केंद्र से गुजरने वाले अक्ष के परितः घूर्णी गति उत्पन्न कर रहा हो। पृथ्वी-सूर्य निकाय के लिए पृथ्वी में एक समान घनत्व के गोले के सदृश्य मानकर

- (a) the torque is zero./बल आघूर्ण शून्य है।
- (b) the torque causes the Earth to spin./बल आघूर्ण पृथ्वी को चक्रण कराता है।
- (c) the rigid body result is not applicable since the Earth is not even approximately a rigid body./दृढ़-पिंड परिणाम यहाँ लागू नहीं होता क्योंकि पृथ्वी के सदृश्य भी नहीं है।
- (d) the torque causes the Earth to move around the sun./बल आघूर्ण पृथ्वी को सूर्य के चारों ओर गति कराता है।

Ans. (a): The earth experiences a centripetal force due to gravitational force of attraction of sun and thus it revolves around the sun in a circular orbit.

We know that, torque is the manure of the force that can cause an object to rotate about an axis. so,

$$\tau = \text{force} \times \text{radius}$$

For vector,

$$\tau = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\tau = rF \sin\theta$$

From question, Here r is the distance of point of application of force from the point about which torque is calculated.

- Direction of force (F) and the line joining (r) the point of application of force is along the same direction.

So angle between r and F is zero.

$$\text{So, } \tau = F \times r \sin 0^\circ$$

$$\tau = 0$$

- Hence, the torque on earth due to gravitational attractive force is zero.

65. Satellites orbiting the Earth have finite life and sometimes debris of satellites fall to the Earth. This is because./पृथ्वी की परिक्रमा कर रहे उपग्रहों की आयु परिमित होती है तथा कभी-कभी उपग्रहों का कचरा पृथ्वी पर गिरता है। इसका कारण यह है कि-

- (a) the solar cells and batteries in satellites run out./सौर सेल तथा बैटरियाँ समाप्त हो जाती हैं।
- (b) the laws of gravitation predict a trajectory spiralling inwards./गुरुत्वाकर्षण नियम भीतर की ओर सर्पिल प्रक्षेप का संकेत देता है।
- (c) of viscous forces causing the reduction in speed of satellite and hence height to gradually decrease./श्यान बल उपग्रह की चाल को कम करते हैं और इस प्रकार उपग्रह की ऊँचाई धीरे-धीरे घटती है।
- (d) of collisions with other satellites. अन्य उपग्रहों से संघट्ट होता है।

Ans. (c) : A satellite orbits earth when its speed is balanced by the pull of earth's gravity. Acceleration due to gravity is the acceleration gained by the object due to gravitational force.

• Total energy of the earth satellite bounded system is

$$E = -\frac{GM}{2R}$$

Here negative sign show the nature of force between satellite and earth.

Where, M is mass of earth

r is radius of satellite

• Due to atmospheric friction, energy continuously decreasing so radius of orbit or height also decreasing then it comes back to earth with high speed then burns in atmosphere.

66. Both Earth and Moon are subjected to the gravitational force of the sun. As observed from the sun, the orbit of the moon/पृथ्वी तथा चंद्रमा दोनों पर सूर्य का गुरुत्वाकर्षण बल कार्य करता है, सूर्य से प्रेक्षण करने पर चंद्रमा की कक्षा-

- will be elliptical./दीर्घवृत्तीय होगी।
- will not be strictly elliptical because the total gravitational force on it is not central./पूर्णरूप से दीर्घवृत्तीय नहीं होगी क्योंकि उस पर लगा कुल गुरुत्वाकर्षण बल केंद्रीय नहीं है।
- is not elliptical but will necessarily be a closed curve./दीर्घवृत्तीय नहीं होगी, परंतु आवश्यक रूप से एक बंद वक्र होगी।
- deviates considerably from being elliptical due to influence of planets other than Earth./पृथ्वी के अतिरिक्त अन्य ग्रहों के प्रभाव के कारण दीर्घवृत्तीय से काफी भिन्न होगी।

Ans. (b) : According to the universal law of gravitation it states that every object in the universe attracts each other with a force varying directly as the product of their masses and inversely as the square of the distance between them.

So,
$$F = -\frac{GM_1M_2}{R^2}$$

• Moon revolves around the earth in a nearly circular orbit. Sun exerts gravitational force on both earth and moon. When observed from the sun, the orbit of moon will not be strictly elliptical therefore the total gravitational force due to earth on moon and force due to sun on moon is not central.

67. In our solar system, the inter-planetary region has chunks of matter (much smaller in size compared to planets) called asteroids. They/हमारे सौर परिवार के अंतरग्रहिक क्षेत्र में द्रव्य के टुकड़े (ग्रहों की तुलना में, आमाप में बहुत छोटे) विद्यमान हैं जिन्हें क्षुद्रग्रह कहते हैं।

- will not move around the sun since they have very small masses compared to sun./सूर्य की तुलना में बहुत कम द्रव्यमान के होने के कारण सूर्य के चारों ओर गति नहीं करेंगे।
- will move in an irregular way because of their small masses and will drift away into outer space./अपने लघु द्रव्यमानों के कारण अनियमित ढंग से गति करेंगे तथा बाह्य अंतरिक्ष में चले जाएंगे।

(c) will move around the sun in closed orbits but not obey Kepler's laws./बंद कक्षाओं में सूर्य के चारों ओर गति करेंगे, परंतु केप्लर के नियमों का पालन नहीं करेंगे।

(d) will move in orbits like planets and obey Kepler's laws./ग्रहों की भाँति कक्षाओं में गति करेंगे तथा केप्लर के नियमों का पालन करेंगे।

Ans. (d) : Asteroids are small, rocky objects that orbit the sun. Although asteroids orbits the sun like planets they are much smaller than planets. Most of them live in the main asteroid belt a region between the orbits of Mars and Jupiter.

• Kepler's three laws describe how planetary bodies orbit the sun. They describe how-

(i) Planets move in elliptical orbits with the sun as a focus.

(ii) A planet covers the same area of space in the same amount of time no matter where it is in its orbit.

(iii) A planet's orbital period is proportional to the size of its orbit.

• All three property of Kepler's law followed by asteroids. Therefore asteroids obey kepler's law.

68. Choose the wrong option./असत्य (गलत) विकल्प का चयन कीजिए-

- Inertial mass is a measure of difficulty of accelerating a body by an external force whereas the gravitational mass is relevant in determining the gravitational force on it by an external mass./जड़त्वीय द्रव्यमान किसी बाह्य बल द्वारा किसी पिंड को त्वरित करने में कठिनाई की माप है जबकि गुरुत्वीय द्रव्यमान उस पर किसी बाह्य द्रव्यमान द्वारा गुरुत्वाकर्षण बल के निर्धारण में प्रासंगिक होता है।
- That the gravitational mass and inertial mass are equal is an experimental result./गुरुत्वीय द्रव्यमान तथा जड़त्वीय द्रव्यमान समान होते हैं यह एक प्रयोगिक परिणाम है।
- That the acceleration due to the gravity on Earth is the same for all bodies and is due to the equality of gravitational mass and inertial mass./गुरुत्वीय द्रव्यमान तथा जड़त्वीय द्रव्यमान समान होने के कारण पृथ्वी पर सभी वस्तुओं के लिए गुरुत्वीय त्वरण समान होता है।
- Gravitational mass of a particle like proton can depend on the presence of neighbouring heavy objects but the inertial mass cannot./प्रोटॉन जैसे कणों का गुरुत्वीय द्रव्यमान आस-पास के भारी पिंडों की उपस्थिति पर निर्भर कर सकता है जबकि जड़त्वीय द्रव्यमान ऐसा नहीं कर सकता।

Ans. (d) : Inertial Mass- It is a property of mass that determines an object's resistance to change in motion from an external force. It is evident from Newton's second law of motion which can be expressed by,

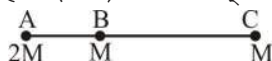
$$F = ma$$

Where m is inertial mass of the body a is acceleration of the body.

Gravitational Mass- It is the mass of an object calculated using the object's response to the force. of gravity alone.

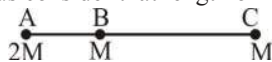
- If the inertial and gravitational mass of an object are measured at rest, they will be identical. If the same object is moving even at high velocities both will still be the same. The mass of an object will not change as it accelerates. This relationship formed the basis of Einstein's equivalence principle a statement of the equivalence of inertial and gravitational masses.
- Therefore gravitational mass of proton is equal to inertial mass which is independent from the presence of neighbouring heavy objects.

69. Particles of masses $2M$, m and M are respectively at points A, B and C with $AB = \frac{1}{2}(BC)$. m is much-much smaller than M and at time $t = 0$, they are all at rest. At subsequent times before any collision takes place $2M$, m तथा M द्रव्यमान के कण क्रमशः A, B तथा C बिंदुओं पर इस प्रकार स्थित हैं कि $AB = \frac{1}{2}(BC)$ तथा M की तुलना में m बहुत छोटा है और समय $t = 0$ पर ये सभी विराम में हैं। तदनंतर, किसी संघट्ट से पूर्व-



- m will remain at rest./ m विराम में रहेगा।
- m will move towards M ./ m , M की ओर गति करेगा।
- m will move towards $2M$./ m , $2M$ की ओर गति करेगा।
- m will have oscillatory motion./ m दोलनी गति करेगा।

Ans. (c) : Let us consider that length of AB is 'x'.



So from the question,

$$AB = \frac{1}{2} BC$$

$$x = \frac{1}{2} BC$$

$$BC = 2x$$

According to the Newton's law of Gravitation,

$$\text{Gravitational force (F)} = \frac{GM_1M_2}{r^2}$$

Where, G is Gravitational constant

M_1 is mass of first object

M_2 is mass of second object

r is distance between the two objects

So, F_{AB} is force exerted on the first body (A) by second body (B),

Where, $M_1 = 2M$ and $M_2 = m$ and $r = x$

$$\text{So, } F_{AB} = \frac{G(2M)(m)}{(x)^2} \quad \dots (i)$$

Similarly for,

$$F_{BC} = \frac{G(m)(M)}{(2x)^2} \quad \dots (ii)$$

From equation (i) and (ii), we see

$$F_{AB} > F_{BC}$$

So, ' m ' moves towards $2M$.

Mechanical Properties of Solids

70. Modulus of rigidity of an ideal liquid is किसी आदर्श द्रव का अवरूपण गुणांक होता है-

- infinity/अनंत
- zero/शून्य
- unity/एकांक
- some finite small non-zero constant value. कोई परिमित, छोटा, शून्येतर नियतमान

Ans. (b) : Modulus of Rigidity- It can be defined as the ratio of shear stress to shear strain in a body within the elastic limit.

$$\begin{aligned} \text{Modulus of Rigidity} &= \frac{\text{Shear stress}}{\text{Shear strain}} \\ &= \frac{F \times L}{A \times \Delta L} \end{aligned}$$

Where, F is the force,

L is the original length,

A is the cross-sectional area

and ΔL is the change in length (deformation)

- Modulus of Rigidity is the property of solids. It is related to change in the shape of body or deformation of body.
- While considering ideal liquid there are some assumptions. One of them is that there is no viscous force. This implies that there is no tangential force. So, modulus of rigidity of ideal fluid is zero.

71. The maximum load a wire can withstand without breaking, when its length is reduced to half of its original length will be/यदि किसी तार की लम्बाई अपने मूल लंबाई से घटकर आधी रह जाती है, तो वह अधिकतम लोड, जो यह तार बिना टूटे सहन कर सकता है।

- be double/दोगुना
- be half/आधा
- be four times/चार गुना
- remain same./उतना ही (समान)

Ans. (d) : The maximum load a wire can withstand without breaking means that wire is stressed. so,

$$\text{stress} = \frac{\text{Maximum Load}}{\text{Area of cross section}}$$

- When the wire is cut half, the area of cross section of wire does not change. It will remain same.
- Therefore, there is not any change in the area of the wire supporting maximum load. So, if we reduce the length to half of its original length it will stand with same amount of load.

72. The temperature of a wire is doubled. The Young's modulus of elasticity will/किसी तार का ताप दोगुना कर दिया जाता है तो इसका यंग प्रत्यास्थता गुणांक

- also double/भी दोगुना हो जाएगा
- become four times/चार गुना हो जाएगा
- remain same/वही रहेगा
- decrease/घट जाएगा।

Ans. (d): Young's modulus of elasticity— It is defined as the mechanical property of a material to withstand the compression or the elongation with respect to its original length. It is the ratio of tensile or compressive stress (σ) to the longitudinal strain (ϵ).

$$\text{Young's Modulus}(Y) = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$\text{We know that, stress} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}} = \frac{F}{A}$$

$$\epsilon, \text{Strain} = \frac{\text{Change in length}(\Delta L)}{\text{Original Length}(L)}$$

$$= \frac{\Delta L}{L}$$

$$Y = \frac{F \times L}{A \times \Delta L}$$

Linear expansion of material with the change in temperature,

$$\Delta L = L \alpha \Delta T$$

Where, α = Coefficient of linear expansion
 ΔT = Change in Temperature.

$$\text{So, } Y = \frac{F \times L}{A \times L \alpha \Delta T}$$

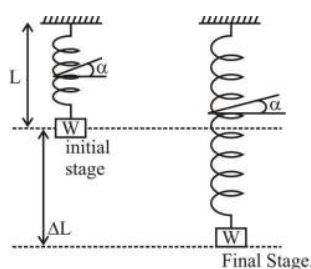
$$\text{Now, } Y \propto \frac{1}{\Delta T}$$

That means Young's modulus is inversely Proportional to the temperature. So, if temperature increases then young's modulus decreases. So, if the temperature of the wire is doubled, then young's modulus of elasticity will decrease.

73. A spring is stretched by applying a load to its free end. The strain produced in the spring is/किसी कमानी के एक सिरे पर लोड अनुप्रयुक्त करके इसे खींचा जाता है। कमानी में उत्पन्न विकृति है—

- (a) volumetric/आयतनी
- (b) shear/अवरूपण
- (c) longitudinal and shear/अनुदैर्घ्य एवं अवरूपण
- (d) longitudinal/अनुदैर्घ्य

Ans. (c):



- When a spring is stretched by a load its shape (shear) and length changes. So, strain is produced in the spring is longitudinal and shear strain.
- **Longitudinal strain**— The ratio of axial deformation to the original length of the body.
- **Shear strain**— The angular lift between different layers of a body.

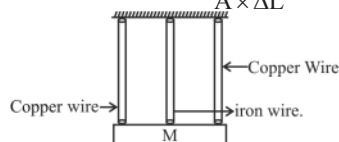
74. A rigid bar of mass M is supported symmetrically by three wires each of length L . Those at each end are of copper and the middle one is of iron. The ratio of their diameters, if

each is to have the same tension, is equal to \sqrt{M} द्रव्यमान की कोई दृढ़ छड़ छड़ तीन तारों, जिनमें प्रत्येक की लंबाई L है, पर सममित रूप से टिकी है। इनमें दोनों सिरों वाले तार ताँबा के तथा मध्य वाला तार लोहा का है। यदि प्रत्येक में तनाव समान रहता है, तो इन तारों के व्यासों का अनुपात बराबर है

- (a) $\frac{Y_{\text{copper}}}{Y_{\text{iron}}}$
- (b) $\sqrt{\frac{Y_{\text{iron}}}{Y_{\text{copper}}}}$
- (c) $\frac{Y_{\text{iron}}^2}{Y_{\text{copper}}^2}$
- (d) $\frac{Y_{\text{iron}}^2}{Y_{\text{copper}}^2}$

Ans. (b) : Let the tension of the wire be 'T'.
 We know that,

$$\text{Young's modulus } (Y) = \frac{\text{Stress}(T)}{\text{Strain}} = \frac{F \times L}{A \times \Delta L}$$



For copper wire,

$$Y_{\text{copper}} = \frac{F \times L}{\pi \left(\frac{D_{\text{copper}}}{2} \right)^2 \times \Delta L}$$

$$D_{\text{copper}}^2 = \frac{4FL}{\pi \times \Delta L \times Y_{\text{copper}}} \quad \dots (i)$$

For iron wire,

$$Y_{\text{iron}} = \frac{F \times L}{\pi \left(\frac{D_{\text{iron}}}{2} \right)^2 \times \Delta L}$$

$$D_{\text{iron}}^2 = \frac{4F \times L}{\pi \times \Delta L \times Y_{\text{iron}}} \quad \dots (ii)$$

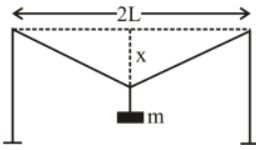
Dividing equation (i) from (ii),

$$\frac{D_{\text{copper}}^2}{D_{\text{iron}}^2} = \frac{4 \times F \times L}{\pi \times \Delta L \times Y_{\text{copper}}} \div \frac{4 \times F \times L}{\pi \times \Delta L \times Y_{\text{iron}}}$$

$$\Rightarrow \frac{D_{\text{copper}}^2}{D_{\text{iron}}^2} = \frac{Y_{\text{iron}}}{Y_{\text{copper}}}$$

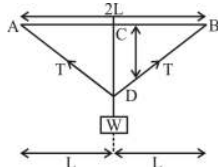
$$\therefore \frac{D_{\text{copper}}}{D_{\text{iron}}} = \sqrt{\frac{Y_{\text{iron}}}{Y_{\text{copper}}}}$$

75. A mild steel wire of length $2L$ and cross-sectional area A is stretched, well within elastic limit, horizontally between two pillars as shown in the figure. A mass m is suspended from the mid-point of the wire. Strain in the wire is $1/2L$, लंबाई अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल A के किसी मृदू इस्पात के तार को इसकी प्रत्यास्थता सीमा के भीतर दो स्तंभों के बीच क्षैतिजतः तानित किया जाता है। कोई द्रव्यमान m इसके मध्य बिंदु से निलंबित किया जाता है। तार में विकृति है—



- (a) $\frac{x^2}{2L^2}$ (b) $\frac{x}{L}$
 (c) $\frac{x^2}{L}$ (d) $\frac{x^2}{2L}$

Ans. (a) :



In $\triangle ACD$,
 $AD^2 = AC^2 + CD^2$
 $= L^2 + x^2$
 $AD = (L^2 + x^2)^{1/2}$

Similarly in $\triangle BCD$,
 $BD = (L^2 + x^2)^{1/2}$

Change in length, $(\Delta l) = AD + BD - AB$
 $= (L^2 + x^2)^{1/2} + (L^2 + x^2)^{1/2} - 2L$
 $= 2(L^2 + x^2)^{1/2} - 2L$

$$\Rightarrow \Delta L = 2L \left(1 + \frac{x^2}{L^2} \right)^{1/2} - 2L$$

$$= 2L \left\{ \left(1 + \frac{x^2}{L^2} \right)^{1/2} - 1 \right\}$$

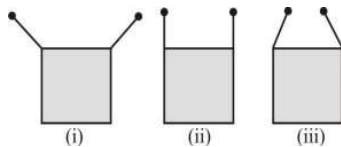
By Binomial expression, $(1 + x)^n = 1 + nx$, if $x \ll 1$
 Apply this expression,

$$\Delta L = 2L \left\{ 1 + \frac{x^2}{2L^2} - 1 \right\}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta L}{(2L)} = \frac{x^2}{2L^2}$$

$$\therefore \frac{\text{Change in length}(\Delta L)}{\text{Original Length}(2L)} = \text{Strain} = \frac{x^2}{2L^2}$$

76. A rectangular frame is to be suspended symmetrically by two strings of equal length on two supports as shown in the figure. It can be done in one of the following three ways/किसी आयताकार फ्रेम को दो समान लंबाई की डोरियों द्वारा दो अवलंबों से सममित रूप से निलंबित किया जाना है। इसे नीचे दिए तीन ढंगों से किया जा सकता है— डोरी में तनाव—

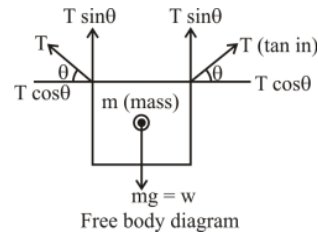


The tension in the strings will be

- (a) the same in all cases/सब प्रकारों में समान होगा।
 (b) least in (i)/(i) में सबसे कम होगा।

- (c) least in (ii)/(ii) में सबसे कम होगा।
 (d) least in (iii)/(iii) में सबसे कम होगा।

Ans. (c) :



Let us consider m be the mass of rectangular frame, θ is the angle and T is the tension in the strings.

Balancing vertical forces,
 $2T \sin \theta - mg = 0$
 $\Rightarrow 2T \sin \theta = mg$

$$\Rightarrow T = \frac{mg}{2 \sin \theta} \quad \dots(i)$$

Balancing horizontal forces, $T \cos \theta - T \cos \theta = 0$
 From equation (i)

Now from equation (i),

$$T = \frac{mg}{2 \sin \theta}$$

where, mg is constant

T is least if $\sin \theta$ has maximum value,

$$\Rightarrow T_{\min} = \frac{mg}{2 \sin \theta_{\max}}$$

$$\Rightarrow \sin \theta_{\max} = 1$$

$$\text{So, } \theta = 90^\circ$$

Hence, from the given fig it is clear that fig (ii) has least tension.

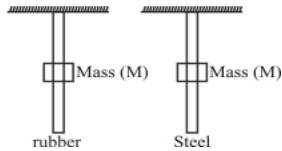
77. Consider two cylindrical rods of identical dimensions, one of rubber and the other of steel. Both the rods are fixed rigidly at one end to the roof. A mass M is attached to each of the free ends at the centre of the rods.

सर्वसम विमाओं की दो बेलनाकार छड़ें जिनमें— एक रबर की और दूसरी स्टील की है, पर विचार कीजिए। दोनों छड़ों का एक सिरा छत से दृढ़तापूर्वक जड़ दिया गया है। प्रत्येक छड़ के मुक्त सिरे के केंद्र पर कोई द्रव्यमान M जड़ दिया गया है।

- (a) Both the rods will elongate but there shall be no perceptible change in shape./दोनों छड़ों में वृद्धि होगी और इसकी आकृति परिवर्तित होगी।
 (b) The steel rod will elongate and change shape but the rubber rod will only elongate./स्टील की छड़ में वृद्धि होगी व उसकी आकृति परिवर्तित होगी परंतु रबर की छड़ में केवल वृद्धि होगी।
 (c) The steel rod will elongate without any perceptible change in shape, but the rubber rod will elongate and the shape of the bottom edge will change to an ellipse./स्टील की छड़ में, आकृति में बोधगम्य परिवर्तन हुए बिना वृद्धि होगी, परंतु रबर की छड़ में वृद्धि होगी तथा इसके निचले सिरे की आकृति दीर्घवृत्त में परिवर्तित हो जाएगी।

- (d) The steel rod will elongate, without any perceptible change in shape, but the rubber rod will elongate with the shape of the bottom edge tapered to a tip at the centre. / स्टील की छड़ में, आकृति में बोधगम्य परिवर्तन हुए बिना वृद्धि होगी, परंतु रबड़ की छड़ में वृद्धि होगी तथा इसका निचला किनारा केंद्र पर पतला होकर नोक बन जाएगा।

Ans. (d) :



Elasticity of a material is defined as its capacity to restore in its original form after being subjected to an external force. When we apply similar quantities of mass to steel and rubber with the same cross sectional area, the rubber stretches more than steel because of its more elastic nature.

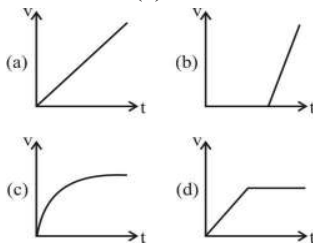
$$\text{So, young's modulus} = \frac{FL}{\Delta L \times A}$$

If rubber stretches more i.e. ΔL increases so, Young's modulus of elasticity decreases. Therefore, steel has a higher young's modulus of elasticity than rubber and hence has more elasticity.

Due to different elastic properties of the material the steel rod will elongate without any perceptible change in shape but the rubber rod will elongate with the shape of the bottom edge tapered at a tip at the centre.

9. Mechanical Properties of Fluids

78. A tall cylinder is filled with viscous oil. A round pebble is dropped from the top with zero initial velocity. From the plots shown, indicate the one that represents the velocity (v) of the pebble as a function of time (t). / कोई ऊँचा सिलिंडर श्यान तेल से भरा है। इसमें कोई गोल पत्थर इसके शीर्ष से शून्य आरंभिक वेग से गिराया जाता है। दर्शाए गए ग्राफों में वह ग्राफ चुनिए जो समय (t) के फलन के रूप में पत्थर के वेग (v) का निरूपण करता है।



Ans. (c) : When a pebble is dropped from the top of a cylinder filled with viscous oil, it falls with an initial acceleration due to gravity.

- As the pebble falls through the oil, it keeps attaining velocity and experiences drag force,

$$F = 6\pi\eta rv$$

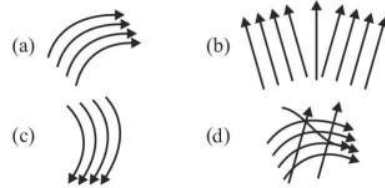
Where, η is fluid viscosity.

v is velocity

r is radius of the pebble

- As the force is dependent on the fluid viscosity, velocity and radius. So force is variable, hence acceleration is also variable. So, the ' v ' and ' t ' graph will not be a straight line. First velocity increases and then becomes constant known as terminal velocity. These condition are verified in option (c).

79. Which of the following diagrams does not represent a streamline flow? / निम्नलिखित में कौन-सा आरेख धारा रेखी, प्रवाह को निरूपित नहीं करता है?



Ans. (d) : Streamline flow— it is defined as the flow in which the fluids flow in parallel layers such that there is no disruption or intermixing of the layers and at a given point, the velocity of each fluid particle passing by remains constant with time.

Hence, In streamline flow layers do not cross each other. So, option (d) is not streamlined flow diagram.

80. Along a streamline / किसी धारा रेखा के अनुदिश

- the velocity of a fluid particle remains constant / किसी तरल कण का वेग नियत रहता है।
- the velocity of all fluid particles crossing a given position is constant / किसी दी गई स्थिति से गुजरने वाले सभी तरल कणों का वेग नियत होता है।
- the velocity of all fluid particles at a given instant is constant / किसी दिए गए क्षण पर सभी तरल कण का वेग नियत होता है।
- the speed of a fluid particle remains constant. / किसी तरल कण की चाल नियत रहती है।

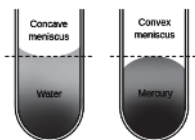
Ans. (b) : Streamlines are defined as the path taken by particles of fluid under steady flow conditions. In streamline flow, the velocity of all fluid particles crossing a given position is constant.

- According to the equation of continuity, streamline flow equation, $Av = \text{Constant}$ where, A is the cross-sectional area and v is the velocity of the fluid.

81. The angle of contact at the interface of water-glass is 0° , Ethylalcohol-glass is 0° , mercury-glass is 140° and Methyl iodide-glass is 30° . A glass capillary is put in a trough containing one of these four liquids. It is observed that the meniscus is convex. The liquid in the trough is / स्पर्श कोण का मान जल-काँच, अंतरापृष्ठ पर 0° , ऐथिल अल्कोहल-काँच अंतरापृष्ठ पर 0° , मरकरी-काँच अंतरापृष्ठ पर 140° और मिथाइल आयोडाइड-काँच अंतरापृष्ठ पर 30° है। किसी द्रोणी में भरे इन चारों में से किसी एक द्रव में काँच की कोशिका को रखा गया। यह पाया जाता है कि मेनिस्कस उत्तल है। द्रोणी में भरा द्रव है—

- (a) water/जल
- (b) ethylalcohol/एथिल अल्कोहल
- (c) mercury/मरकरी
- (d) methyliodide/मेथिल आयोडाइड

Ans. (c) :



- In mercury, the intermolecular attraction between the mercury molecules are much higher. So the mercury molecules do not stick to the glass walls of the capillary tube and due to the effect of gravity. Those molecules appear to fall down.
- So when a capillary tube is immersed in mercury, mercury descends in the capillary tube forming a convex meniscus.

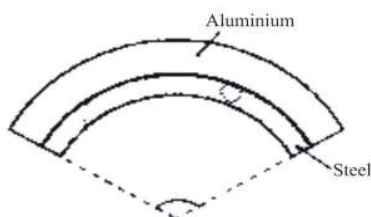
10. Thermal Properties of Matter

82. A bimetallic strip is made of aluminium and steel ($\alpha_{Al} > \alpha_{steel}$). On heating, the strip will/एक द्विधातुक पत्री एल्युमिनियम एवं स्टील ($\alpha_{Al} > \alpha_{steel}$) की बनी है। गरम करने पर यह पत्री-

- (a) remain straight/सीधी रहेगी।
- (b) get twisted/व्यावर्तित हो जाएगी।
- (c) will bend with aluminium on concave side/एल्युमिनियम को अवतल पार्श्व बनाकर मुड़ेगी।
- (d) will bend with steel on concave side./स्टील को अवतल पार्श्व बनाकर मुड़ेगी।

Ans. (d) : ∵ We know that, the thermal conductivity of aluminum is greater than that of steels. Both the strips of aluminum and steel are fixed together initially in a bimetallic strip. When both are heated then expansion in steel will be smaller than aluminum.

So, the strip will bend with aluminium on convex side and with steel on concave side.

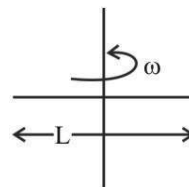


83. A uniform metallic rod rotates about its perpendicular bisector with constant angular speed. If it is heated uniformly to raise its temperature slightly/कोई एक समान धातु की छड़ अपने लंबवत् द्विभाजक के परितः एक समान कोणीय चाल से घूर्णन करती है। यदि इसका थोड़ा ताप बढ़ाने के लिए इसे एक समान ताप से गर्म करें तो इसकी

- (a) its speed of rotation increases
घूर्णन-चाल बढ़ जाती है।
- (b) its speed of rotation decreases
घूर्णन चाल घट जाती है।

- (c) its speed of rotation remains same
घूर्णन चाल अपरिवर्तित रहती है।
- (d) its speed increases because its moment of inertia increases./घूर्णन-चाल इसके जड़त्व आघूर्ण में वृद्धि के कारण बढ़ जाती है।

Ans. (b) : Given;



We know that, the moment of inertial of rod is,

$$I = \frac{mL^2}{12}$$

∵ Due to heating, length will increase.

Hence, I will also increase.

Now, from the conservation of angular momentum,

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

$$\text{Since, } \frac{mL_1^2}{12}\omega_1 = \frac{mL_2^2}{12}\omega_2$$

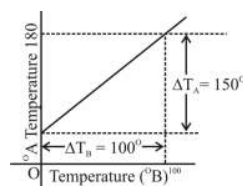
$$\Rightarrow L_2 > L_1$$

$$\therefore \omega_2 < \omega_1$$

Hence speed of rotation will decrease.

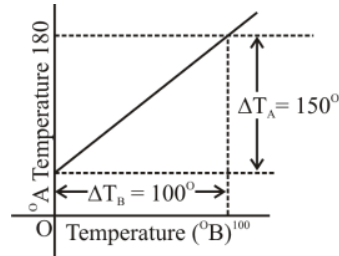
84. The graph between two temperature scales A and B is shown in figure. Between upper fixed point and lower fixed point there are 150 equal division on scale A and 100 on scale B. The relationship for conversion between the two scales is given by/चित्र 11.1 में दो तापक्रमों A तथा B के बीच ग्राफ दर्शाया गया है। स्केल A तथा B पर निम्न नियत तापांक तथा उच्च नियत तापांक के बीच क्रमशः 150 तथा 100 समान भाग हैं।

दोनों स्केलों के बीच रूपांतरण के लिए दिया गया संबंध है-



- (a) $\frac{T_A - 180}{100} = \frac{T_B}{150}$
- (b) $\frac{T_A - 30}{150} = \frac{T_B}{100}$
- (c) $\frac{T_B - 180}{150} = \frac{T_A}{100}$
- (d) $\frac{T_B - 40}{100} = \frac{T_A}{180}$

Ans. (b) :



From the graph; For scale A,
 lower fixed point = 30°A
 upper fixed point = 180°A
 For scale B,
 lower fixed point = 0°B
 upper fixed point = 100°B
 Hence, the relation between the two scales A and B is given by.

$$\frac{T_A - (\text{LFP})_A}{(\text{UFP})_A - (\text{LFP})_A} = \frac{T_B - (\text{LFP})_B}{(\text{UFP})_B - (\text{LFP})_B}$$

Where,
 LFP = lower fixed point
 UFP = upper fixed point
 Therefore, by the above equation we get,

$$\frac{T_A - 30}{180 - 30} = \frac{T_B - 0}{100 - 0}$$

$$\Rightarrow \frac{T_A - 30}{150} = \frac{T_B}{100}$$

85. An aluminium sphere is dipped into water. Which of the following is true? किसी एल्युमिनियम के गोले को जल में डुबोया गया है। निम्नलिखित में कौन-सा कथन सत्य है?
- Buoyancy will be less in water at 0°C than that in water at 4°C . / 4°C के जल की तुलना में 0°C के जल में उत्प्लावनता कम होगी।
 - Buoyancy will be more in water at 0°C than that in water at 4°C . / 4°C के जल की तुलना में 0° के जल में उत्प्लावनता अधिक होगी।
 - Buoyancy in water at 0°C will be same as that in water at 4°C . / 0°C के जल में उत्प्लावनता, 4°C के जल की उत्प्लावनता के समान होगी।
 - Buoyancy may be more or less in water at 4°C depending on the radius of the sphere. / 4°C के जल में उत्प्लावनता कम या अधिक होना गोले की त्रिज्या पर निर्भर है।

Ans. (a) : We have given that, an aluminum sphere is dipped into water. So, let the volume of the sphere be V and acceleration due to gravity is g .

At 0°C , let density of water is denoted by ρ_0 . Then the buoyant force, $F_B = V\rho_0 g$... (i)

Now, considering II case when temperature of water is at 4°C and let density is ρ_T

Then the buoyant force $F'_B = V\rho_T g$... (ii)

$$\text{Now, } \frac{F_B}{F'_B} = \frac{V\rho_0 g}{V\rho_T g}$$

$$\Rightarrow \frac{F_B}{F'_B} = \frac{\rho_0}{\rho_T}$$

\therefore The density of water at higher temperature is more than the density at lower temperature.

So, $\rho_T > \rho_0$

$$\Rightarrow \frac{F_B}{F'_B} = \frac{\rho_0}{\rho_T} < 1$$

$\therefore F_B < F'_B$

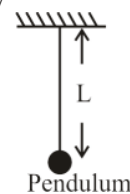
So, Buoyancy will be less in water at 0°C than in water at 4°C .

86. As the temperature is increased, the time period of a pendulum/ताप में वृद्धि होने पर लोलक का आवर्त काल

- increases as its effective length increases even though its centre of mass still remains at the centre of the bob.
बढ़ जाता है क्योंकि लोलक की प्रभावी लम्बाई गोलक का द्रव्यमान केंद्र उसके केंद्र पर रहने पर भी बढ़ जाता है।
- decreases as its effective length increases even though its centre of mass still remains at the centre of the bob.
घट जाता है क्योंकि लोलक की प्रभावी लम्बाई गोलक का द्रव्यमान केंद्र उसके केंद्र पर ही रहने पर भी बढ़ जाती है।
- increases as its effective length increases due to shifting of centre of mass below the centre of the bob.
बढ़ जाता है क्योंकि लोलक की प्रभावी लम्बाई, गोलक का द्रव्यमान केंद्र गोलक के गुरुत्व केंद्र के नीचे स्थानांतरित होने के कारण बढ़ जाती है।
- decreases as its effective length remains same but the centre of mass shifts above the centre of the bob./घट जाता है क्योंकि लोलक की प्रभावी लंबाई समान रहती है। परंतु गोलक का द्रव्यमान केंद्र गोलक के गुरुत्व केंद्र पर स्थानांतरित हो जाता है।

Ans. (a): Let, L = The effective length of the pendulum and g = acceleration due to gravity

We know that with an increase in temperature, the effective length or L of the simple pendulum increases. This increment happens even when the centre of mass still remains at the centre of the bob. Time period of a pendulum is given by



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\Rightarrow T \propto \sqrt{L}$$

Thus, time period of the pendulum increases as the temperature increases.

87. Heat is associated with/ऊष्मा संबद्ध होती है-

- kinetic energy of random motion of molecules/अणुओं की यादृच्छिक गति की गतिज ऊर्जा से।
- kinetic energy of orderly motion of molecules/अणुओं की व्यवस्थित गति की गतिज ऊर्जा से।
- total kinetic energy of random and orderly motion of molecules/अणुओं को यादृच्छिक एवं व्यवस्थित गतियों की कुल गतिज ऊर्जा से।
- kinetic energy of random motion in some cases and kinetic energy of orderly motion in other./कुछ प्रकरणों में यादृच्छिक गति की गतिज ऊर्जा से तथा कुछ अन्य प्रकरणों में व्यवस्थित गति की गतिज ऊर्जा से।

Ans. (a) : We know that the vibration of molecules about their mean position increases as the temperature increases or the body gets heated. Hence, kinetic energy associated with the random motion of the molecules increases.

88. The radius of a metal sphere at room temperature T is R and the coefficient of linear expansion of the metal is α . The sphere is heated by a very low temperature ΔT so that its new temperature is $(T + \Delta T)$. The increase in the volume of the sphere is approximately ताप T पर किसी धातु के गोले की त्रिज्या R है तथा धातु का रेखिक प्रसार गुणांक α है। गोले को थोड़ा तृप्त करके इसके ताप में ΔT वृद्धि की जाती है जिससे इसका नया ताप $T + \Delta T$ हो जाता है। गोले के आयतन में हुई लगभग वृद्धि है-

- (a) $2\pi R\alpha\Delta T$ (b) $\pi R^2\alpha\Delta T$
(c) $4\pi R^3\alpha\Delta T/3$ (d) $4\pi R^3\alpha\Delta T$

Ans. (d) : Given;
Radius of the sphere at the room temperature is R .
Coefficient of linear expansion = α
Initial volume of the sphere, $V = \frac{4}{3}\pi R^3$
As the temperature increases, $\Delta V = V\gamma\Delta T$
 \therefore coefficient of volume expansion, $\gamma = 3\alpha$
 $\Rightarrow \Delta V = \frac{4}{3}\pi R^3(3\alpha)\Delta T$
 $\therefore \Delta V = 4\pi R^3\alpha\Delta T$

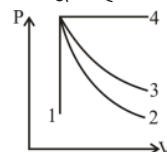
89. A sphere, a cube and a thin circular plate, all of same material and same mass, are initially heated to same high temperature./समान द्रव्यमान तथा समान पदार्थ के बने एक गोले, एक घन एवं एक वृत्ताकार प्लेट को समान उच्च ताप तक आरम्भ में तप्त किया गया है

(a) Plate will cool fastest and cube the slowest./प्लेट सबसे अधिक तीव्रता से और घन सबसे धीरे ठंडा होगा।
(b) Sphere will cool fastest and cube the slowest./गोला सबसे अधिक तीव्रता से और घन सबसे धीरे ठंडा होगा।
(c) Plate will cool fastest and sphere the slowest./प्लेट सबसे अधिक तीव्रता से और गोला सबसे धीरे ठंडा होगा।
(d) Cube will cool fastest and plate the slowest./घन सबसे अधिक तीव्रता से और प्लेट सबसे धीरे ठंडी होगी।

Ans. (c) : \therefore The sphere, cube and the circular plate are made up of the same material, their density will be same and hence the volume be same. The surface area of the plate is the largest and that of the sphere is smallest, therefore rate of heat loss by radiation is proportional to the surface area. Hence, the plate will cool the fastest while the sphere the slowest.

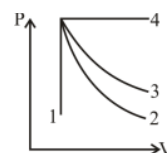
11. Thermodynamics

90. An ideal gas undergoes four different processes from the same initial state as shown in P-V diagram. Four processes are adiabatic, isothermal, isobaric and isochoric out of 1, 2, 3 and 4, which one is adiabatic./कोई आदर्श गैस एक ही आरंभिक अवस्था से प्रारंभ करके विभिन्न प्रक्रमों से गुजरती है। चित्र में ये चार प्रक्रम हैं- रुद्धोष्म, समतापीय, समदाबीय एवं समआयतन। 1, 2, 3 और 4 में से कौन-सा रुद्धोष्म है?



Out of 1, 2, 3 and 4, which one is adiabatic?
(a) 4 (b) 3 (c) 2 (d) 1

Ans. (c) :



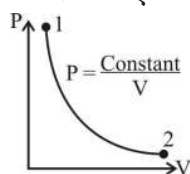
A thermodynamic system in which there is a change in the state of matter due to the change in the pressure, volume, temperature without transferring heat or mass with the thermodynamic system or its surroundings. As per the given (P-V) graph, in the curve (4), pressure is constant, So this is an isobaric process. For the curve (1), volume is constant, so it is isochoric process. Between curves (3) and curve (2) is steeper (more slope), so it is adiabatic and the remaining curve (3) is isothermal.

91. If an average person jogs, he produces $14.5 \times 10^4 \text{ cal min}^{-1}$. This is removed by the evaporation of sweat. The amount of sweat evaporated per minute (assuming 1 kg requires $580 \times 10^3 \text{ cal/kg}$ for evaporation) is/यदि कोई सामान्य व्यक्ति मंथर गति से चलता है तो वह $14.5 \times 10^4 \text{ cal min}^{-1}$ ऊष्मा उत्पन्न करता है। यह ऊष्मा पसीने के वाष्पन से शरीर से निकल जाती है। (यह मानते हुए कि 1 किलो पसीने के वाष्पन के लिए $580 \times 10^3 \text{ cal/kg}$ चाहिए) तब प्रति मिनट वाष्पित पसीने का परिमाण है

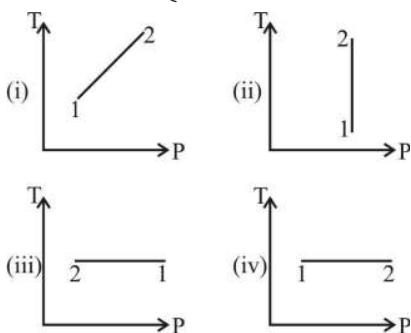
(a) 0.25 kg (b) 2.25 kg
(c) 0.05 kg (d) 0.20 kg

Ans. (a) : Given,
Calories produced per minute = $14.5 \times 10^4 \text{ cal/min}$
Latent heat = $580 \times 10^3 \text{ cal/kg}$
Now, Amount of sweat evaporated per minute
$$\frac{\text{Sweat produces per minute}}{\text{Number of calories required for evaporation per kg}} = \frac{\text{Calories produced (heat produce) / minute}}{\text{Latent heat (in cal / kg)}}$$
$$= \frac{14.5 \times 10^4}{580 \times 10^3} = \frac{145}{580} = 0.25 \text{ kg}$$

92. Consider P-V diagram for an ideal gas shown in figure./चित्र में दर्शाए गए किसी आदर्श गैस के P-V आरेख पर विचार कीजिए।

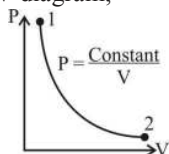


Out of the following diagrams, which represents the T-P diagram?/चित्र में दिए गए आरेखों में से कौन-सा ग्राफ इसके संगत T-P आरेख को निरूपित करता है?



- (a) (iv) (b) (ii)
(c) (iii) (d) (iv)

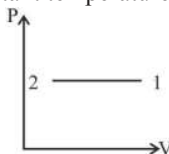
Ans. (c) : Given P-V diagram;



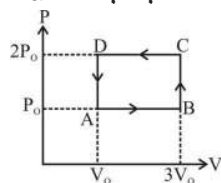
∴ For an ideal gas,
 $PV = \text{constant}$

As we know,
 $PV = nRT$

So, in the above figure, T is constant i.e. an isothermal process and pressure at point 1 is greater than 2, $P_1 > P_2$. This situation is represented by the curve (iii) in which $P_1 > P_2$ and straight-line graph is parallel to pressure axis indicating constant temperature.

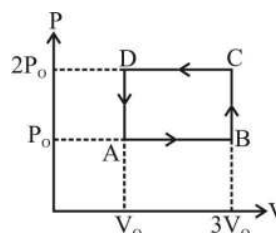


93. An ideal gas undergoes cyclic process ABCDA as shown in given P-V diagram. The amount of work done by the gas is/कोई आदर्श गैस चित्र के P-V आरेख में दर्शाए अनुसार चक्रीय प्रक्रिया ABCDA से गुजरती है। गैस द्वारा किए गए कार्य की मात्रा है



- (a) $6 P_0 V_0$ (b) $-2 P_0 V_0$
(c) $+2 P_0 V_0$ (d) $+4 P_0 V_0$

Ans. (b) :



Let P be the pressure of the gas in the cylinder, then the force exerted by the gas on the piston of the cylinder.

$$F = PA$$

In a small displacement of piston through dx.

Work done by the gas while displacing the piston with the dx displacement,

$$dW = F \cdot dx = PA dx = PdV$$

∴ Total amount of work done,

$$W = \int dW = \int_{V_i}^{V_f} PdV = (V_f - V_i)$$

In P - V diagram,

The area under P - V curve represents work done.

Now, Work done in the process ABCD

$$\begin{aligned} &= \text{Area of rectangle ABCDA} \\ &= AB \times BC \\ &= (3V_0 - V_0) \times (2P_0 - P_0) \\ &= 2V_0 \times P_0 \\ &= 2P_0 V_0 \end{aligned}$$

Since, work done by the system is negative. So amount of work done by the gas is negative or in other words, cyclic process is anticlockwise, work done by the gas is negative.

Hence, the amount of work done by the gas = $-2P_0 V_0$

94. Consider two containers A and B containing identical gases at the same pressure, volume and temperature. The gas in container A is compressed to half of its original volume isothermally while the gas in container B is compressed to half of its original value adiabatically. The ratio of final pressure of gas in B to that of gas in A is/ A तथा B, दो पात्रों पर विचार कीजिए जिनमें समान दाब, आयतन तथा ताप पर समान गैस भरी है। पात्र A की गैस को समतापीय प्रक्रम द्वारा उसके मूल आयतन के आधे आयतन तक संपीडित किया जाता है जबकि पात्र B की गैस को रुद्धोष्म प्रक्रम द्वारा उसके मूल आयतन के आधे आयतन तक संपीडित किया जाता है। B में गैस तथा A में गैस के अंतिम दाबों का अनुपात है

- (a) $2^{\gamma-1}$ (b) $\left(\frac{1}{2}\right)^{\gamma-1}$
(c) $\left(\frac{1}{1-\gamma}\right)^{\gamma-1}$ (d) $\left(\frac{1}{1-\gamma}\right)^2$

Ans. (a) :

Given; two containers A and B containing identical gases at the same pressure, volume and temperature.

For container A (gas is compressed to half of its original volume) isothermal compression

$P_1 V_1 = P_2 V_2$
 Let original volume be $2V_0$, then after compression it becomes V_0 .
 $P_0 (2V_0) = P_2 (V_0)$
 $(P_2)_A = 2P_0 \quad \dots (i)$
 For container B (gas is compressed to half of its original volume) adiabatic compression
 $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$
 Let original volume be $2V_0$, then after compression it becomes V_0 .
 $P_1 (2V_0)^\gamma = P_2 (V_0)^\gamma$
 $P_2 = \left(\frac{2V_0}{V_0}\right)^\gamma P_0$
 $(P_2)_B \frac{(P_2)_B}{(P_2)_A} = 2^\gamma P_0 \quad \dots (ii)$
 Ratio of final pressure of gas in B to that of gas A will be obtained by, (ii)/(i)
 $\frac{(P_2)_B}{(P_2)_A} = \frac{2^\gamma P_0}{2P_0} = 2^{\gamma-1}$

95. Three copper blocks of masses M_1, M_2 and M_3 kg respectively are brought into thermal contact till they reach equilibrium. Before contact, they were at T_1, T_2, T_3 ($T_1 > T_2 > T_3$). Assuming there is no heat loss to the surroundings, the equilibrium temperature T is (s is specific heat of copper) काँपर के तीन गुटके जिनके द्रव्यमान क्रमशः M_1, M_2 एवं M_3 हैं। साम्य अवस्था में आने तक तापी संपर्क में रखे गए हैं। संपर्क से पूर्व इनके ताप T_1, T_2 एवं T_3 ($T_1 > T_2 > T_3 >$) थे। यह मानते हुए कि परिवेश में कोई ऊष्मा ह्रास नहीं होती, संतुलन ताप T का मान होगा—

- (a) $T = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}$
 (b) $T = \frac{M_1 T_1 + M_2 T_2 + M_3 T_3}{M_1 + M_2 + M_3}$
 (c) $T = \frac{M_1 T_1 + M_2 T_2 + M_3 T_3}{3(M_1 + M_2 + M_3)}$
 (d) $T = \frac{M_1 T_1 s + M_2 T_2 s + M_3 T_3 s}{M_1 + M_2 + M_3}$

Ans. (b) : Let the equilibrium temperature of the system is T and M_3 is at equilibrium with M_1 and M_2 .
 Let us assume that, $T_1 < T_2 < T_3$.
 According to the question, there is no heat loss to the surroundings.
 So, Heat loss by M_3 = Heat gained by M_1 + Heat gained by M_2
 $\Rightarrow M_3 s (T_3 - T) = M_1 s (T - T_1) + M_2 s (T - T_2)$
 (Where, s is specific heat of the copper material)
 $\Rightarrow T (M_1 + M_2 + M_3) = M_3 T_3 + M_1 T_1 + M_2 T_2$
 $\Rightarrow T = \frac{M_1 T_1 + M_2 T_2 + M_3 T_3}{M_1 + M_2 + M_3}$

12. Kinetic Theory

- 96. A cubic vessel (with faces horizontal + vertical) contains an ideal gas at NTP. The vessel is being carried by a rocket which is moving at a speed of 500 m/s in vertical direction. The pressure of the gas inside the vessel as observed by us on the ground./किसी घनाकार पात्र (जिसके पार्श्व क्षैतिज + ऊर्ध्वाधर हैं) में NTP पर आदर्श गैस भरी है। यह पात्र किसी रॉकेट में है, जो 500ms^{-1} की चाल से ऊर्ध्वाधर दिशा में गति कर रहा है। पृथ्वी से देखने पर पात्र के भीतर गैस का दाब**
 (a) remains the same because 500 m/s is very much smaller than v_{rms} of the gas/एक समान रहता है क्योंकि 500ms^{-1} की चाल गैस की v_{rms} से बहुत कम है।
 (b) remains the same because motion of the vessel as a whole does not affect the relative motion of the gas molecules and the walls/समान रहता है क्योंकि समस्त पात्र की गति दीवारों तथा गैस के अणुओं की गति सापेक्षिक गति को प्रभावित नहीं करती।
 (c) will increase by a factor equal to $\left[\frac{v_{\text{rms}}^2 + 5(500)^2}{v_{\text{rms}}^2}\right]$, where v_{rms} was the original mean square velocity of the gas/ $\left[\frac{v_{\text{rms}}^2 + 5(500)^2}{v_{\text{rms}}^2}\right]$ गुना बढ़ जाएगा, जहाँ v_{rms} गैस का वर्ग माध्य मूल वेग है।
 (d) will be different on the top wall and bottom wall of the vessel./पात्र के शीर्ष की दीवार तथा तली की दीवार पर भिन्न-भिन्न होगा।

Ans. (b) : By ideal gas equation,
 $PV = nRT$,

Where P, V and T are the pressure, volume and absolute temperature, n is the number of moles of gas and R is the ideal gas constant.

Here, temperature of the vessel remain unchanged hence, the pressure remains same from that point of view.

Now, let us discuss the phenomenon inside the vessel, the gas molecules keeps on colliding themselves as well as with the wall of containing vessel. These collisions are perfectly elastic. The number of collision per unit volume in the gas remains constant. So, the pressure of the gas inside the vessel remains the same because motion of vessel as a whole does not affect the relative motion of gas molecules with respect to the walls.

- 97. 1 mole of an ideal gas is contained in a cubical volume V , ABCDEFGH at 300 K as shown in figure. One face of the cube (EFGH) is made up of a material which totally absorbs any gas molecule incident on it. At any given time. किसी घनाकार पात्र ABCDEFGH में 300 K ताप पर एक मोल आदर्श गैस भरी है। इस घन का एक पार्श्व EFGH किसी ऐसे पदार्थ का बना है जो अपने ऊपर आपतित गैस के किसी अणु को पूर्णतः अवशोषित कर लेता है। किसी भी दिए गए समय पर,**